



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

ÁREA DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA MATEMÁTICA E SEUS
FUNDAMENTOS FILOSÓFICO-CIENTÍFICOS

**CONSTRUÇÃO DE SIGNIFICADOS MATEMÁTICOS EM
EXPERIÊNCIAS COMPUTACIONAIS EDUCATIVAS
CONSTRUCIONISTAS ORIENTADAS PELOS
PENSAMENTOS REFLEXIVO E COMPUTACIONAL**

LUCIANA LEAL DA SILVA BARBOSA

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

RIO CLARO - SP

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

LUCIANA LEAL DA SILVA BARBOSA

**CONSTRUÇÃO DE SIGNIFICADOS MATEMÁTICOS EM
EXPERIÊNCIAS COMPUTACIONAIS EDUCATIVAS
CONSTRUCIONISTAS ORIENTADAS PELOS
PENSAMENTOS REFLEXIVO E COMPUTACIONAL**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Educação Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinicius Maltempi

**RIO CLARO - SP
2024**

B238c	Barbosa, Luciana Leal da Silva Construção de significados matemáticos em Experiências Computacionais Educativas Construcionistas orientadas pelos pensamentos reflexivo e computacional / Luciana Leal da Silva Barbosa. -- Rio Claro, 2024 311 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro Orientador: Marcus Vinicius Maltempi 1. Educação Matemática. 2. Aprendizagem pela experiência. 3. Pensamento Computacional. 4. Pensamento Reflexivo. 5. Programação de Computadores. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

LUCIANA LEAL DA SILVA BARBOSA

CONSTRUÇÃO DE SIGNIFICADOS MATEMÁTICOS EM
EXPERIÊNCIAS COMPUTACIONAIS EDUCATIVAS
CONSTRUCIONISTAS ORIENTADAS PELOS PENSAMENTOS
REFLEXIVO E COMPUTACIONAL

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de
Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Doutor em
Educação Matemática.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Marcus Vinicius Maltempo (Orientador)
Universidade Estadual Paulista | Unesp: Rio Claro, SP

Prof. Dr. Carlos Nogueira Fino
Universidade da Madeira | Ilha da Madeira: Portugal

Prof. Dr. Fernando Ilídio Silva Ferreira
Universidade do Minho | Braga: Portugal

Prof. Dr. José Armando Valente
Universidade Estadual de Campinas | UNICAMP: Campinas, SP

Profa. Dra. Márcia Rodrigues Notare
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | UFRGS: Porto Alegre, RS

Conceito: Aprovado

Rio Claro/SP, 15 de abril de 2024.

Dedico este trabalho à minha mãe Sandra (em memória). Começamos juntas essa incrível jornada acadêmica. Terminamos juntas, pois em mim vive seu amor, seus ensinamentos, e memórias que nunca se apagarão. Mantenho firme e viva a esperança de um dia nos reencontrarmos em nossa morada celeste, juntos Daquele que sempre foi a razão da nossa existência: Jesus. Te amo eternamente.

AGRADECIMENTOS

Como não ser grata a tantas pessoas que de alguma forma me ajudaram nessa linda e gratificante jornada. Durante esse percurso conheci muitas pessoas incríveis que tornaram o caminhar mais leve e divertido, sobretudo durante o isolamento social provocado pela pandemia de Covid-19 nos anos de 2020 a 2022. Dentre elas estão Eliane, Débora, Tiago, Maxwell, Andrei e Ingrid, e por suas vidas sou grata a Deus.

Sou grata à Ong. Empreendedor Mirim que abriu suas portas para desenvolvermos nossa pesquisa de campo, e a cada criança participante, cujas experiências me ensinaram e transformaram minha visão sobre como podemos viver e aprender juntos. Sou grata ao IFSP pelo incentivo à formação docente, liberando-me de minhas atribuições como servidora através do afastamento para desenvolver minha pesquisa de doutorado.

Sou grata aos pesquisadores Carlos Fino, Fernando Ilídio, José Armando Valente e Márcia Notare, que gentilmente se dispuseram a compor a Comissão Examinadora desta tese de doutorado. Obrigada por suas ricas contribuições durante o exame de qualificação.

Sou grata ao meu orientador, Marcus Vinicius Maltempi, por seus ensinamentos, e por ser um exemplo de integridade, empatia, leveza e dedicação em tudo o que faz.

Sou grata ao meu pai Sebastião, por seu apoio e cuidado nos momentos solicitados.

Sou grata aos meus irmãos Leandro e Luis pela presença constante.

Sou grata a minha querida mãezinha Sandra (em memória) pelo exemplo de mulher forte, guerreira, que sempre demonstrou amor através de sua dedicação em favor das pessoas, por seu incontável auxílio e cuidado para com minhas filhas sempre que precisei me ausentar em função de minhas atividades acadêmicas.

Sou grata a minhas filhas Eloá Helena e Eloísa Helena, cujas companhias sempre exalam alegria. Elas trouxeram novos significados à minha vida pessoal e profissional, levando-me a procurar novas aprendizagens para me tornar uma pessoa e uma professora melhor.

Sou grata a Deus por meu esposo Tales, companheiro incrível que sempre me apoiou em minhas decisões, me incentivando a avançar rumo a meus sonhos pessoais e profissionais. Obrigada querido pelo amor, cuidado e compreensão que sempre expressou.

Por fim, e ainda mais importante, expresso minha gratidão àquele que é a razão da minha existência. Sou grata a meu Deus que é meu Aba, a meu amigo Salvador Jesus, e a meu amado Espírito Santo, sempre presente. Obrigada Pai por estar comigo em todos os momentos difíceis que passamos. Graças a Ele comecei esta jornada e graças a Ele a concluo. Louvo a ti, porque é sempre muito bom!

RESUMO

Nesta pesquisa temos como objetivo compreender como pode acontecer a construção de significados matemáticos quando o aprendiz parte de ideias matemáticas intuitivas, sugeridas enquanto está engajado em suas experiências computacionais educativas construcionistas (ExCEC), e busca transformá-las em conceitos matemáticos formais relacionados a essas ideias. Optamos pela metodologia qualitativa de pesquisa para produzir dados junto a uma turma de crianças com idades de 9 a 12 anos que frequentavam a Ong. Empreendedor Mirim, localizada na cidade de Birigui (SP). A pesquisa de campo foi desenvolvida num ambiente naturalístico em que crianças e professora-pesquisadora interagiram entre si e com seu meio, agindo e refletindo sobre o resultado de suas ações com liberdade de ação e de pensamento. Neste contexto, decidimos pela abordagem metodológica *Design Based Research* (DBR) para a construção do *design* da pesquisa, com o objetivo de pensar e selecionar os procedimentos metodológicos mais adequados ao alcance de nossos objetivos. Nos dados produzidos procuramos por evidências que nos ajudassem a responder a seguinte questão: Como os pensamentos reflexivo e computacional influenciam a construção de significados matemáticos que partem de ideias intuitivas, durante experiências computacionais educativas construcionistas (ExCEC)? Para tanto, construímos as ExCEC considerando os projetos de programação desenvolvidos no Scratch pelas crianças como uma unidade de investigação, contemplando os sujeitos participantes, os programas e/ou dispositivos robóticos construídos, os vídeos com as gravações dos encontros e os registros escritos pela professora e pelas crianças em seus diários de campo. Cada ExCEC foi apresentada através de *histórias de aprendizagem* que narram os fatos e acontecimentos contextualizando-os em um enredo que tenta aproximar o leitor das experiências vividas pelos sujeitos participantes. As ExCEC construídas foram analisadas à luz dos pressupostos teóricos do Construcionismo e do Pensamento Computacional de Seymour Papert e da Filosofia da Experiência de John Dewey. Suas teorias foram alvos de investigações e reflexões profundas resultando na construção da Seção 4 desta tese, que tece diálogos e correspondências entre as ideias desses autores. A partir da inquirição sobre as experiências, e sendo norteados por nossa pergunta de pesquisa, construímos um modelo customizado de análise dos dados, o Modelo Movimento Matemático-PC (MM-PC), o qual tem como objetivo mapear o processo de transformação que ideias matemáticas e computacionais intuitivas, construídas pela própria criança, sofrem rumo à formalização dessas ideias. O modelo MM-PC construído corrobora as ideias de *intuição* de Papert e de *sugestão* de Dewey, contribuindo para sistematizar o processo de transformação que a compreensão sobre um determinado conceito pode sofrer enquanto é construído pelo próprio aprendiz. Os resultados alcançados evidenciam que teoria e prática se coadunam num processo de aprendizagem matemática construcionista e pela experiência, desenvolvido

através de uma ExCEC, a qual é orientada e motivada por um propósito do aprendiz que age e reflete sobre suas ações. Além disso, evidenciamos que a definição de pensamento computacional contempla a propriedade da modelagem dinâmica e que uma ExCEC sofre intervenções da mediação questionadora da professora, e é orientada pelo pensamento reflexivo computacional das crianças para a compreensão e resolução das situações problemáticas que permeiam sua experiência.

Palavras-chave: Matemática; Crianças; Micromundo Computacional; Construcionismo; Filosofia da Experiência; Programação de Computadores; Scratch; Pensamento Reflexivo.

ABSTRACT

In this research, our aim is to understand how the construction of mathematical meanings can occur when the learner starts from intuitive mathematical ideas, suggested while engaged in Educational Computational Constructionist Experiences (ExCEC), and seeks to transform them into formal mathematical concepts related to those ideas. We opted for a qualitative research methodology to gather data from a group of children aged 9 to 12 who attended the Junior Entrepreneur NGO, located in the city of Birigui (SP). The field research was conducted in a naturalistic environment where children and the teacher-researcher interacted with each other and their surroundings, acting and reflecting on the outcomes of their actions with freedom of action and thought. In this context, we decided on the Design-Based Research (DBR) methodological approach for constructing the research design, aiming to think and select the most suitable methodological procedures to achieve our objectives. In the data collected, we looked for evidence to help us answer the following question: How do reflective and computational thinking influence the construction of mathematical meanings stemming from intuitive ideas, during Educational Computational Constructionist Experiences (ExCEC)? To do this, we constructed the ExCEC considering the programming projects developed in Scratch by the children as a unit of investigation, encompassing the participating subjects, the programs and/or robotic devices built, the videos recording the meetings, and the written records by the teacher and the children in their field diaries. Each ExCEC was presented through learning stories that narrate the facts and events, contextualizing them in a plot that attempts to bring the reader closer to the experiences lived by the participating subjects. The constructed ExCEC were analyzed in light of the theoretical assumptions of Constructionism and Computational Thinking by Seymour Papert and the Philosophy of Experience by John Dewey. Their theories underwent in-depth investigations and reflections resulting in the construction of Section 4 of this thesis, which engages in dialogues and correspondences between the ideas of these authors. Based on the inquiry into the experiences and guided by our research question, we constructed a customized data analysis model, the Mathematical-CT Movement Model (MM-CT), which aims to map the transformation process that intuitive mathematical and computational ideas, constructed by the child themselves, undergo towards the formalization of these ideas. The constructed MM-CT model corroborates Papert's intuition and Dewey's suggestion ideas, contributing to systematizing the process of transformation that the understanding of a certain concept can undergo while being constructed by the learner themselves. The results obtained demonstrate that theory and practice align in a process of constructionist mathematical learning and through experience, developed through an ExCEC, which is guided and motivated by a purpose of the learner who acts and reflects on their actions. Additionally, we show that the definition of computational thinking encompasses the

property of dynamic modeling, and an ExCEC undergoes interventions from the questioning mediation of the teacher, and is guided by the Reflective Computational Thinking of the children for the understanding and resolution of the problematic situations that permeate their experience.

Keywords: Mathematics; Children; Computational Microworld; Constructionism; Philosophy of Experience; Computer Programming; Scratch; Reflexive Thinking.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Festival de Invenção e Criatividade (FIC) realizado em parceria com a RBAC com o objetivo de apresentar os projetos desenvolvidos por Maria, Kimberly, Paulo e Vitor.....	44
Figura 2 - Representação de uma cadeia da consciência organizada de acordo com uma ordem consequencial e lógica para formar um pensamento reflexivo.....	77
Figura 3 - Relação entre os processo de análise e síntese que acontecem durante o processo de intelectualização do problema pelo pensamento reflexivo.....	81
Figura 4 - Processo de inferência desenvolvido para construir as hipóteses de soluções a partir de cada sugestão inicial.....	81
Figura 5 - Processo de construção das hipóteses pela inferência que relaciona sugestões/ideias e fatos/conhecimentos e o processo de validação dessas hipóteses em pensamento.....	83
Figura 6 - Fases do Pensamento Reflexivo: Sugestão, intelectualização, Ideia-guia, Raciocínio e Verificação pela Ação.....	83
Figura 7 - A espiral do conhecimento representando o movimento de aprendizagem que acontece através da apreensão direta de significados e pela construção de novos significados através da reflexão.....	88
Figura 8 - Processo de aprendizagem que se transforma, partindo do pensamento concreto para alcançar o pensamento abstrato.....	90
Figura 9 - Versão 1 do programa que simula o jogo Morto ou Vivo.....	100
Figura 10 - Versão 1 de um programa que simula o jogo Morto ou Vivo.....	101
Figura 11 - Paradas de ônibus de uma via dispostas e organizadas ao longo de uma reta numérica. Cada parada é identificada por uma letra do alfabeto.....	135
Figura 12 - Cartela do Bingo da Amizade.....	146
Figura 13 - Projeto Planetas Malucos de Paulo, versão inicial da ExCEC E2a.....	149
Figura 14 - Etapas do pensamento reflexivo de Paulo.....	151
Figura 15 - Código do ator planeta Terra e imagem da tela da animação Planetas Malucos. Experiência E2b.....	153
Figura 16 - Código do planeta Terra alterado.....	154
Figura 17 - Processo de alteração do código: como fazer o planeta Terra girar ininterruptamente?.....	155
Figura 18 - Projeto Planetas Malucos de Paulo versão 3: inserindo um comando de som....	163
Figura 19 - Projeto Planetas Malucos de Paulo - Investigando as consequências da ação de retirar comando Sempre.....	166

Figura 20 - Programa de Paulo quando tenta construir o paralelismo de procedimentos sozinho.....	169
Figura 21 - Versão do programa Planetas Malucos de Paulo, com o paralelismo de procedimentos, mas a música ainda não era tocada até o fim.....	170
Figura 22 - Versão Final do programa Planetas Malucos de Paulo, com o paralelismo de procedimentos.....	171
Figura 23 - Micromundo do Gatinho como um contexto significativo para o cálculo mental.	177
Figura 24 - O movimento da espiral do conhecimento das crianças para a compreensão dos significados de um número negativo em diferentes contextos.....	183
Figura 25 - Construção de conceitos matemáticos pelo pensamento reflexivo computacional em uma ExCEC.....	202
Figura 26 - Tela do jogo MMD - estruturas de controle, e respectivos blocos de comandos.	204
Figura 27 - Tela do jogo MMD - recursos de vídeo, e respectivos blocos de comandos.....	205
Figura 28 - Material Manipulativo Dinâmico - variáveis, e seus blocos de comandos.....	205
Figura 29 - O paralelismo de Kauã.....	208
Figura 30 - Projeto de Paulo inspirado no MMD - recursos de vídeo, em que continuou seu processo de construção de significados para a ideia de paralelismo.....	213
Figura 31 - Processo de compreensão de Paulo sobre o paralelismo de procedimentos.....	213
Figura 32 - Movimento Matemático-PC desenvolvido pelo Pensamento Reflexivo-Computacional de Paulo para construir o significado do conceito de paralelismo de procedimentos.....	218
Figura 33 - Espiral das ExCEC para representar a aplicação do princípio do <i>continuum</i> sobre o processo de aprendizagem por experiências.....	219
Figura 34 - Ciclone de ExCEC para representar o Movimento Matemático-PC de uma ideia intuitiva matemática ou computacional até alcançar o status de uma concepção.....	220
Figura 35 - Movimento Matemático-PC da intuição sobre o significado do número no contexto do comando Atualize a transparência do vídeo para.....	230
Figura 36 - Versão de Ivan para o Jogo Pega Borboleta que inclui seu modelo matemático para ganhar pontos.....	243
Figura 37 - A versão do jogo Pega Borboleta construída por Yago.....	244
Figura 38 - Versão do jogo Pega Borboleta construída por Maria Ana.....	246
Figura 39 - Linha do tempo que apresenta as experiências educativas e as respectivas datas em que foram desenvolvidas durante a pesquisa de campo no ano de 2022.....	253

Figura 40 - O problema “Como faço para ganhar e perder pontos?” que leva Vitor a um processo de investigação orientado pelo PRC para a construção de significados matemáticos e computacionais dos novos conhecimentos importantes para construir sua solução.....	255
Figura 41- O problema “Como faço para acertar o alvo e deixar a arma no mesmo lugar?”, que leva Vitor a um processo de investigação orientado pelo PRC para desenvolver a ideia de modularização e aplicá-la como estratégia de pensamento para programar seu projeto.....	256
Figura 42 - Cenário do jogo de Vitor; fantasia e código do ator Nada que está invisível no cenário.....	257
Figura 43 - Cenário do jogo de Vitor; fantasia e código do ator Nada que está invisível no cenário.....	258
Figura 44 - O problema “Como faço para perder pontos quando errar o alvo?” paralisa as ações de Vitor. A mediação questionadora surge como estratégia de ensino e reflexão.....	258
Figura 45 - Código do ator Nada alterado, substituindo o comando Esconda pelo comando Mude 100 ao efeito fantasma.....	259
Figura 46 - Construção e programação dos dispositivos robóticos utilizados nos projetos de Kimberly, Maria Ana, Vitor e Paulo.....	264
Figura 47 - Fotos dos momentos em que Kimberly, Paulo e Vitor compartilharam seus projetos Meu Primeiro Jogo com alguns colegas da Mirim.....	265
Figura 48 - Projeto de Kimberly: o urso e a pedra. Programa do ator pedra. O urso deve pular a pedra que se movimenta na horizontal, do canto direito do cenário até o canto esquerdo. Se o urso “tocar” na pedra, o jogador perde pontos, se pular sem “tocar” na pedra ganha pontos.	266
Figura 49 - Projeto de Kimberly: o urso e a pedra. Cenário e programa para o ator urso.....	266
Figura 50 - Projeto da Maria Ana: Morto ou Vivo da inclusão. Cenário e programa para o ator Jogador de basquete. Ao ouvir Vivo, o jogador deve pressionar a tecla seta para cima para ganhar pontos. Ao ouvir Morto, o jogador deve pressionar a tecla seta para baixo para ganhar pontos.....	267
Figura 51- Projeto da dupla Vitor e Paulo: Tapete para Dança Livre. Cenário e programa para o ator seta para a direita pequena (localizada no canto superior direito do cenário). Enquanto a música é tocada, o jogador escolhe qual seta quer pressionar com seus pés: direita, esquerda, para cima ou para baixo. A seta pressionada é percebida pelo sensor de contato, sua imagem aparece no centro e desaparece do canto superior direito do cenário.....	267
Figura 52 - Programa construído para o ator Borboleta do jogo Pega Borboleta.....	272

Figura 53 - (a) Versão 1 do jogo Morto ou Vivo, usando comandos de evento. (b) Versão 2 do jogo Morto ou Vivo, usando estruturas condicionais.....	277
Figura 54 - MMD - multiplicando gatinhos, construído para desenvolver a ideia da multiplicação.....	294
Figura 55 - Diagramas de conjunto para organizar e representar a ideia da multiplicação como uma soma sucessiva de parcelas iguais.....	295
Figura 56 - Micromundo Presentes de Natal de Maria Ana, construído para explorar a ideia da multiplicação.....	296
Figura 57 - Micromundo Presentes de Natal de Paulo, construído para explorar a ideia da multiplicação.....	296

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Ideias e conceitos matemáticos que apareceram nos projetos de programação dos estudantes.....	173
Quadro 2 - Modelo Movimento Matemático-PC construído para mapear o processo de transformação pelo qual passa uma ideia intuitiva até alcançar um conceito formal relacionado.	195

LISTA DE ABREVIATURAS

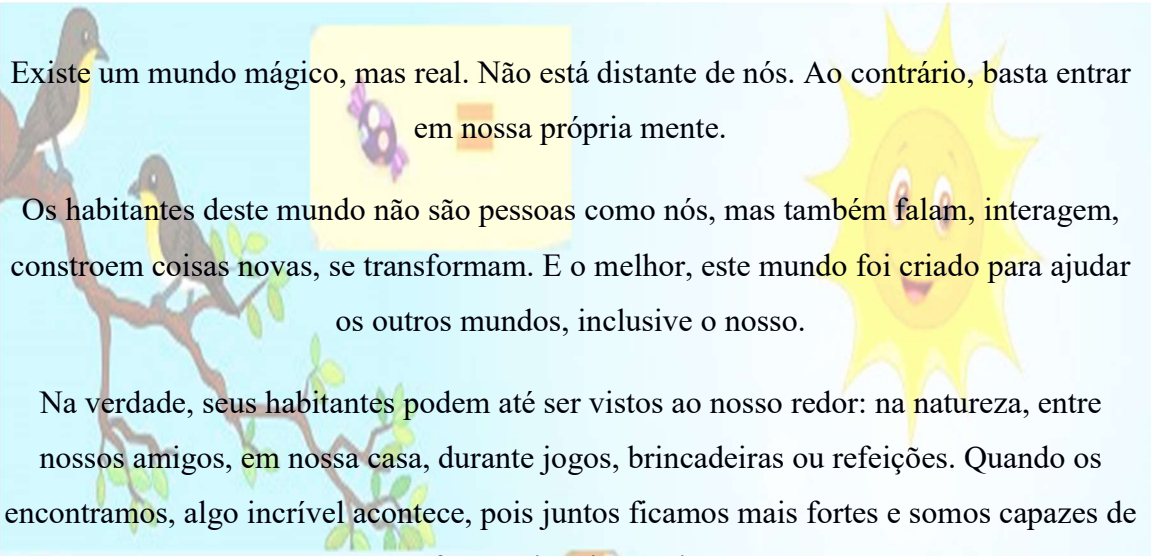
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
ExCEC	Experiências Computacionais Educativas Construcionistas
PC	Pensamento Computacional
PR	Pensamento Reflexivo
PM	Pensamento Mecânico
MM-PC	Movimento Matemático-PC
MMD	Material Manipulativo Dinâmico
PRC	Pensamento Reflexivo Computacional

Sumário

O Convite...	18
CAPÍTULO 1	
COMO TUDO COMEÇOU	
Da Inquietação Inicial ao Projeto de Pesquisa.....	19
1.1 - O “eu” da pesquisadora: o “dar-se a conhecer”.....	22
1.2 - Da inquietação inicial ao objetivo da pesquisa: o percurso e o design emergente.....	25
1.3 - O que nos diz a literatura.....	31
CAPÍTULO 2	
ABORDAGEM E PROCEDIMENTOS QUALITATIVOS DE PESQUISA.....	37
2.1 – Onde a Visão de Conhecimento e a Abordagem de Pesquisa se encontram nesta pesquisa?	37
2.2 O contexto investigativo	40
2.3 - A abordagem metodológica <i>Design Based Research</i> (DBR) e sua aplicação para construir o <i>design</i> de nossa investigação.....	44
2.4 – Procedimentos Metodológicos da Pesquisa	48
CAPÍTULO 3	
FUNDAMENTOS TEÓRICOS E FILOSÓFICOS: O Construcionismo de Seymour Papert e a Filosofia da Experiência de John Dewey	56
3.1 - O Construcionismo de Seymour Papert e possíveis diálogos com a literatura	57
3.2 - A Filosofia da Experiência de John Dewey.....	71
CAPÍTULO 4	
TECENDO RELAÇÕES ENTRE AS IDEIAS DE SEYMOUR PAPERT E JOHN DEWEY.....	91
4.1 - A Experiência Educativa inteligente e os micromundos computacionais	94
4.2 - Sobre o projeto pessoal de Papert e o propósito de Dewey	102
4.3 - O micromundo computacional como um fator potencializador de experiências educativas inteligentes	105
4.4 - A aprendizagem pela experiência e o estilo do “vir a conhecer”.....	107
4.5 - O “algo a mais” entre as teorias.....	111
4.6 - O pensamento computacional e suas relações com as ideias de Dewey e Papert.....	116
4.7 - A atividade de programação como contexto para construir relações entre o pensamento algébrico e o pensamento computacional.....	132
CAPÍTULO 5	
APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS: o que nos contam as histórias de aprendizagem desta pesquisa?	142
5.1 - ExCEC E ₁ - O Acolhimento	143
5.2 - ExCEC E ₂ : Paulo e seus planetas malucos	147
5.3 - ExCEC E ₃ - O projeto <i>Meu Primeiro Jogo</i>	202
5.4 - ExCEC E ₄ - Experiências Computacionais Educativas Construcionistas para o desenvolvimento do pensamento algébrico	231
5.5 - ExCEC E ₅ - A ideia poderosa do <i>Dê-se tempo</i>	252
5.6 - A ideia poderosa do <i>feedback</i> imediato	268
5.7 - Os estilos de programação emergente e exato e suas relações com o <i>feedback</i> imediato dentro do contexto da Cibernética para Crianças	280
5.8 - A Cibernética e as ideias poderosas da simulação e do <i>Faça Parte do Micromundo</i>	283

5.9 - <i>Feedback</i> imediato e suas relações com os princípios do <i>continuum</i> e da interação de uma experiência educativa	287
5.10 - As implicações do <i>feedback</i> imediato sobre nossa compreensão de pensamento computacional	290
5.11 - O <i>feedback</i> imediato e suas relações com o pensamento matemático formal.....	292
CAPÍTULO 6	
DISCUSSÕES E CONCLUSÕES FINAIS: para onde podemos ir a partir daqui?	299
REFERÊNCIAS	306

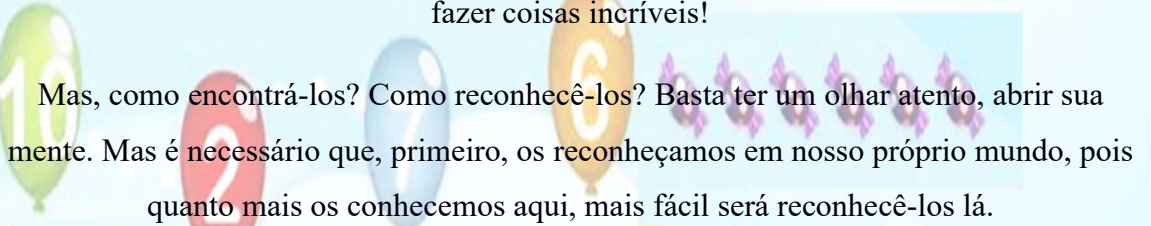
O Convite...



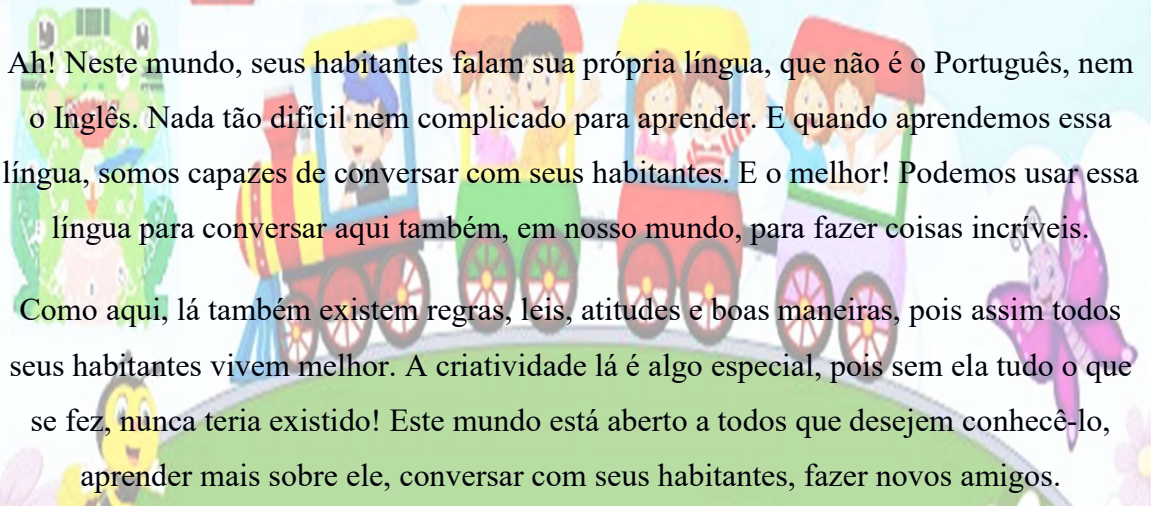
Existe um mundo mágico, mas real. Não está distante de nós. Ao contrário, basta entrar em nossa própria mente.

Os habitantes deste mundo não são pessoas como nós, mas também falam, interagem, constroem coisas novas, se transformam. E o melhor, este mundo foi criado para ajudar os outros mundos, inclusive o nosso.

Na verdade, seus habitantes podem até ser vistos ao nosso redor: na natureza, entre nossos amigos, em nossa casa, durante jogos, brincadeiras ou refeições. Quando os encontramos, algo incrível acontece, pois juntos ficamos mais fortes e somos capazes de fazer coisas incríveis!



Mas, como encontrá-los? Como reconhecê-los? Basta ter um olhar atento, abrir sua mente. Mas é necessário que, primeiro, os reconheçamos em nosso próprio mundo, pois quanto mais os conhecemos aqui, mais fácil será reconhecê-los lá.

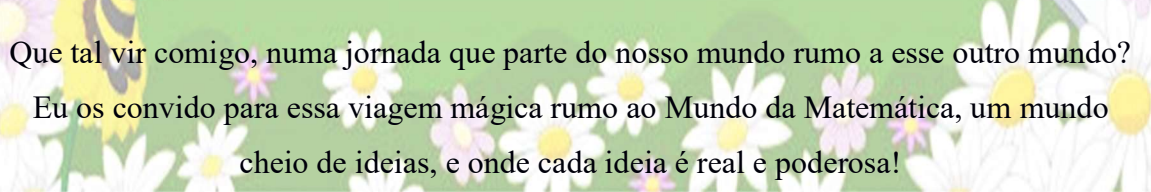


Ah! Neste mundo, seus habitantes falam sua própria língua, que não é o Português, nem o Inglês. Nada tão difícil nem complicado para aprender. E quando aprendemos essa língua, somos capazes de conversar com seus habitantes. E o melhor! Podemos usar essa língua para conversar aqui também, em nosso mundo, para fazer coisas incríveis.

Como aqui, lá também existem regras, leis, atitudes e boas maneiras, pois assim todos seus habitantes vivem melhor. A criatividade lá é algo especial, pois sem ela tudo o que se fez, nunca teria existido! Este mundo está aberto a todos que desejem conhecê-lo, aprender mais sobre ele, conversar com seus habitantes, fazer novos amigos.

Que tal vir comigo, numa jornada que parte do nosso mundo rumo a esse outro mundo?

Eu os convido para essa viagem mágica rumo ao Mundo da Matemática, um mundo cheio de ideias, e onde cada ideia é real e poderosa!



CAPÍTULO 1

COMO TUDO COMEÇOU...

Da Inquietação Inicial ao Projeto de Pesquisa

Uma das missões da instituição Escola é se dedicar a “educar” cientificamente seus estudantes, apresentando-lhes o conhecimento científico historicamente construído e acumulado em suas diversas áreas. O modelo praticado para alcançar este objetivo é o que enfatiza o ensino, e por consequência, seus mestres se dedicam a aperfeiçoar métodos e estratégias para melhor ensinar. E por ensino entende-se uma prática pedagógica que prioriza a “transferência” de um conhecimento pronto e acabado, cujo processo de construção fica à margem de qualquer processo de investigação e compreensão por parte dos estudantes (DEWEY, 1979; PAPERT, 2008). A questão que surge é: o conhecimento pode ser transferido do mestre para o aprendiz? Se a resposta for sim, que tipo de conhecimento é este que se adquire através de um processo instrucional de transferência? Para que ele é útil? Ao contrário, se a resposta for não, por que insistir no modelo instrucional se ele não é capaz de “educar” cientificamente os aprendizes (DEWEY, 1979)?

Neste contexto que questiona o modelo tradicional de ensino por transferência, nossa pesquisa propõe investigar como pode acontecer um processo de ensino e de aprendizagem de matemática através da construção de significados matemáticos, quando os aprendizes estão engajados em suas experiências educativas de construção de projetos de programação no Scratch¹, concebidos como um propósito pessoal. Para tanto, desenvolvemos nossas atividades de investigação sob as lentes teóricas de John Dewey e de sua filosofia da experiência, e de Seymour Papert e sua teoria de aprendizagem construcionista, buscando compreensões para nossa questão de pesquisa:

Como os pensamentos reflexivo e computacional influenciam a construção de significados matemáticos que partem de ideias intuitivas, durante experiências computacionais educativas construcionistas (ExCEC)?

Seymour Papert dedicou suas pesquisas ao objetivo de compreender como o relacionamento entre crianças e computadores afeta a aprendizagem, sobretudo de matemática. Como o computador, como mediador de um processo de aprendizagem exploratório e investigativo, pode afetar a maneira das pessoas pensarem e aprenderem. E também, como usar

¹ Scratch é uma plataforma e uma linguagem de programação em blocos gratuita, desenvolvida para crianças construírem projetos de jogos, animação ou histórias. Disponível em: <https://scratch.mit.edu/>

computadores para “desafiar crenças difundidas a respeito de quem entende o que e em que idade” (PAPERT, 1985, p. 17).

O computador, visto como um *interlocutor-de-matemática* por contemplar a linguagem matemática em sua linguagem de programação, é inserido dentro de um contexto que deve possuir sintonia com os aprendizes, funcionando como um mediador entre ideias científicas e o mundo já conhecido pelas crianças. As ideias de Papert definem relações entre a Ciência e o mundo físico infantil, entre o conhecimento alvo de estudo e o próprio corpo da criança, afirmando que relacionar o conhecimento científico a atividades físicas “pode fazer muito mais pelo aprendizado de ciências do que simplesmente propiciar o que os educadores chamam de motivação” (PAPERT, 1985, p.122).

Relacionado às ideias de uma aprendizagem mais sintônica estão as ideias de John Dewey sobre uma aprendizagem através de experiências pessoais inteligentes. A filosofia da educação de Dewey, também intitulada de filosofia da experiência, propõe construir princípios e conceitos para fundamentar novas perspectivas educativas baseadas na ideia de experiência pessoal, para conduzir a novos modos de prática na escola. Sua obra tenta enfatizar as questões mais gerais e urgentes da educação de seu tempo para sugerir um quadro teórico de referência em que possam ser examinadas. Ao mesmo tempo, levar os educadores e pensadores de educação a fundamentar suas reflexões e sua prática numa filosofia propositiva.

Para buscar respostas em torno de nossa pergunta de pesquisa, construímos o conceito de *Experiência Computacional Educativa* fundamentados nos conceitos de John Dewey para uma experiência educativa em que o aprendiz mobiliza e ao mesmo tempo desenvolve seu pensamento reflexivo quando diante de situações problemáticas que o impedem de prosseguir rumo ao seu propósito pessoal, concebido nesta pesquisa como um projeto de programação desenvolvido no Scratch. O fato de desenvolvermos nossas experiências educativas num ambiente computacional de programação nos levou a investigar as ideias de Papert para uma aprendizagem construcionista de matemática. Disso, agregamos às experiências computacionais o termo *Construcionistas*, surgindo as *Experiências Computacionais Educativas Construcionistas* - *ExCEC*: experiências educativas pessoais inteligentes desenvolvidas em um ambiente computacional para a construção de projetos de programação de computadores com o objetivo de oportunizar uma aprendizagem de matemática através da construção de significados matemáticos pelo próprio aprendiz. Assim, as ExCEC tem como objetivo *desenvolver experiências computacionais para proporcionar experiências matemáticas*.

O conceito de experiências educativas de John Dewey traz consigo um elemento essencial para garantir o caráter inteligente de uma experiência pessoal. Dewey(1979) o chama de *pensamento reflexivo*, e dedica toda essa obra para apresentar e discutir como surge, se desenvolve e pode ser mobilizado pelo próprio aprendiz durante a formulação e resolução de situações problemáticas que o impedem de agir para cumprir seu propósito.

Paralelamente a isso, identificamos nas ideias de Papert sua preocupação em compreender como um estilo de pensamento mobilizado durante a construção de programas de computador pode favorecer o pensar sobre o próprio pensar ao mesmo tempo em que desenvolve as habilidades matemáticas da criança, levando-a a aprender a aprender. Ele chama este estilo de pensamento de *pensamento mecânico* por se tratar de um estilo sistemático e organizado de pensamento, que faz uso do computador como um *objeto-de-pensar-com* para desenvolver um processo de aprendizagem sintônico e exterior à mente através de construções no mundo. Percebemos, então, que ambos os autores se dedicam a compreender como se dá o desenvolvimento de um tipo específico de pensamento mobilizado para os propósitos de uma aprendizagem ativa e pessoal.

Outro tema que se destaca nas pesquisas envolvendo a aprendizagem matemática em ambientes computacionais é o *pensamento computacional*. Minha formação inicial em Ciência da Computação levou-me a reflexões sobre como o pensamento computacional era concebido e articulado aos processos de aprendizagem de matemática. Neste contexto, surgiu-nos a ideia de investigar quais seriam as possíveis sinergias existentes entre o pensamento computacional e os estilos de pensamento investigados por Papert e Dewey, e como poderia agir o pensamento computacional quando mobilizado dentro do contexto de uma experiência educativa inteligente desenvolvida num ambiente computacional de programação. Isso nos levou a elaborar a questão de pesquisa perseguida, que pretende compreender como crianças mobilizam seu pensamento computacional para os propósitos de uma aprendizagem de ideias e conceitos matemáticos pela construção de significados, enquanto estão engajadas em suas experiências computacionais educativas no ambiente do Scratch.

Assim, alguns questionamentos foram levados para os momentos de produção e análise dos dados, formando um conjunto de objetivos específicos sobre os quais refletimos e buscamos compreensões:

- Como podemos identificar possíveis correspondências entre as ideias de Dewey e Papert com o objetivo de articular alguns dos conceitos da filosofia da experiência de Dewey e

do construcionismo de Papert com o objetivo de tecer um construto teórico para esta pesquisa?

- Quais as sinergias existentes entre os estilos de pensamentos investigados nesta pesquisa: pensamento reflexivo, pensamento mecânico e pensamento computacional?
- Como se dão as experiências educativas desenvolvidas em ambientes computacionais de programação?
- O pensamento computacional substitui o pensamento reflexivo em uma experiência computacional educativa? Ou são articulados para juntos compor um outro estilo de pensamento mobilizado quando experiências educativas inteligentes são desenvolvidas em ambientes computacionais?
- Como acontece o processo de aprendizagem de matemática pela construção de significados quando as crianças estão engajadas em suas ExCEC, sendo orientadas por seu pensamento computacional?

Nesta Seção 1 de introdução, apresentamos nossa questão de pesquisa, objetivos de pesquisa e uma discussão inicial sobre como os temas de nosso interesse podem ser encontrados na literatura. Iniciamos dando-nos a conhecer, apresentando o “eu” da pesquisadora e como seus valores e pressupostos filosóficos contribuíram para compor nosso objeto de pesquisa. Na sequência, narramos a gênese do projeto de pesquisa até alcançarmos a questão perseguida nesta tese, para então apresentarmos o que a literatura na área da Educação Matemática tem investigado e que se relaciona aos temas de nosso interesse.

Na Seção 2, apresentamos os aspectos metodológicos e procedimentais da pesquisa. Na Seção 3, as ideias de Seymour Papert e de John Dewey sobre suas perspectivas de aprendizagem e como dialogam com nossos objetivos. Na Seção 4, construímos relações teóricas entre as ideias de Papert e Dewey, e apresentamos nossa concepção de pensamento computacional. Na Seção 5, trazemos os dados produzidos pela pesquisa de campo e nossa análise, buscando compreensões nas ExCEC desenvolvidas em torno de nossa questão de pesquisa, para enfim, na Seção 6 construir conclusões sobre nossa investigação.

1.1 - O “eu” da pesquisadora: o “dar-se a conhecer”.

Creswell (2014) afirma que todo pesquisador traz para seu estudo certas crenças e pressupostos filosóficos que fundamentam suas escolhas teóricas. Além disso, destaca a presença dos valores trazidos pelo pesquisador, os quais compõem sua visão axiológica, pois sendo uma pessoa que vive num meio social, carrega consigo traços de sua história e cultura que influenciam sua visão de mundo e escolhas de pesquisa. Goldenberg (2004) chama de *bias*

as subjetividades do pesquisador, afirmando que não podem ser dissociadas da pessoa do pesquisador, o qual precisa ter consciência de sua existência e torná-las explícitas num esforço de pô-las sob controle.

Neste sentido, apresentamos nesta seção o “eu” da pesquisadora, dando-nos a conhecer como pessoa, professora e pesquisadora. Assim o fazemos narrando um pouco da história de vida relacionada à pesquisa e que de alguma forma contribuiu para a sua gênese e desenvolvimento.

Lembro-me que meu sonho de criança era “ser professora”. Era o que respondia quando alguém me perguntava: “o que você vai ser quando crescer?”. No entanto, quando o momento de fazer essa escolha chegou, meu amor pela matemática me levou a escolher uma formação na área de exatas relacionada às tecnologias digitais, uma área em grande expansão no início do século XXI. Optei pelo curso de Ciência da Computação da Universidade Estadual Paulista - Unesp - campus de São José do Rio Preto.

As vivências de ensino e pesquisa construídas nessa comunidade acadêmica levaram-me a desejar “ser como meus professores de faculdade”. Eu olhava para eles e pensava: “um dia quero ser assim”. Daí em diante, tracei como objetivo desenvolver uma carreira acadêmica em ensino e pesquisa em nível superior. Acabei a graduação e fiz o mestrado em Ciência da Computação na mesma universidade (SILVA, 2008). Um pouco antes de concluí-lo, já havia iniciado minha carreira como professora em faculdades particulares. Adiei o doutorado, pois senti a necessidade de primeiro estabilizar minha situação financeira. Hoje percebo o quanto essa decisão contribuiu para dar espaço a outras experiências de vida que impactaram minha visão de mundo e meu percurso formativo e profissional.

Em 2012 engravidei das minhas lindas filhas gêmeas: Eloá Helena e Eloísa Helena. Em setembro do mesmo ano elas nasceram. Minhas experiências como mãe começaram a transformar minha visão de educação. Passei a observar como era incrível o desenvolvimento de minhas filhas. Como, a cada dia, elas aprendiam algo diferente através de suas explorações no mundo, e quando aprenderam a linguagem oral, como as possibilidades de exploração e de aprendizagem foram ampliadas. O que de início surgiu através de um sentimento materno e gerava em mim um sentimento de magia e encanto, transformou-se em motivo de inquietação e reflexão. Sobretudo quando minhas filhas chegaram à idade escolar, e aos quatro anos começaram a cursar a educação infantil.

Nesta fase de suas vidas, comecei a participar de suas rotinas escolares, observando e contrapondo suas aprendizagens escolares às naturais, entendidas como aquelas que aconteciam

deliberadamente e sem ensino. Como as atividades eram planejadas e desenvolvidas na escola, observando como o conteúdo objeto de estudo era abordado: como um fim em si mesmo, ou como um conhecimento útil para atingir um objetivo ou projeto pessoal. Se através de atividades fora do contexto infantil, ou através de brincadeiras, entendidas como a principal atividade da criança nesta faixa etária. Essas reflexões trouxeram-me grandes inquietações. Comecei a perceber que em determinadas situações a escola “travava” o desenvolvimento que parecia ser tão natural a uma criança pequena, quando deveria impulsionar. Foi quando surgiu o interesse de compreender melhor como as crianças aprendem.

Trabalhando como professora de informática no IFSP desde 2011, comecei a oferecer cursos através de projetos de extensão a crianças pequenas. Em 2014 comecei com cursos de música teórica e instrumental, de xadrez para ensinar matemática, e finalmente de programação de jogos, também para ensinar matemática. Essas experiências de ensino me proporcionaram diversas oportunidades para aprender com as crianças. Aprendizagens que começaram quando me tornei mãe e se estenderam para os contextos formais de aprendizagem através dos cursos de extensão que oferecia. Percebi que, situações de aprendizagem em que as crianças tinham liberdade para criar, construir, ter ideias, se expressar, se aproximavam das situações em que se desenvolviam naturalmente e por meio da exploração, como acontecia com minhas filhas em momentos rotineiros e de brincadeiras.

Em 2017 assumi uma disciplina no curso de licenciatura de matemática chamada Informática na Educação Matemática. O objetivo era trabalhar com os licenciandos aspectos relacionados ao uso das tecnologias digitais para o ensino e para a aprendizagem de matemática. Como professora formadora de professores passei por um processo de pesquisa e reflexões sobre como as tecnologias poderiam contribuir para um processo de aprendizagem de matemática diferente do tradicional. Nossos estudos envolviam temas relacionados a pedagogia de projetos, simetria invertida, pesquisa-ação, e softwares para a construção de materiais didáticos digitais, como o JClic², e para uma aprendizagem exploratória e investigativa de matemática, como o GeoGebra³. Neste contexto de ensino e reflexões sobre o uso das tecnologias digitais para se ensinar matemática, junto às experiências desenvolvidas com as

² Uma plataforma que permite ao professor criar suas atividades educativas multimídias para servirem para a aprendizagem e avaliação no contexto escolar. Disponível para download em <https://clic.xtec.cat/legacy/en/jclic/>

³ Plataforma online ou para download que disponibiliza diversos aplicativos para criação, manipulação e investigação de objetos matemáticos de modo dinâmico. Disponível em <https://www.geogebra.org/?lang=pt>

crianças em meus projetos de extensão, somadas às minhas vivências com minhas filhas, nasceu o desejo de cursar um doutorado em alguma área relacionada à Educação.

Em 2017 tive a oportunidade de cursar duas disciplinas como aluna especial no Programa de Educação para a Ciência da Unesp, campus Bauru. E em 2018, também como aluna especial, cursei a disciplina Pensamento Computacional na Educação Matemática, tendo meu atual orientador, Marcus Vinicius Maltempi, como professor. Uau! Essa foi, sem dúvida, a experiência que faltava para “completar” o quebra-cabeças de experiências de vida que me levariam a ingressar como aluna de doutorado do Programa de Pós-graduação em Educação Matemática da Unesp em Rio Claro.

O contato com as ideias relacionadas ao pensamento computacional despertaram em mim muitos sentimentos. Identifiquei-me com diversas práticas de ensino e de pesquisa discutidas durante os encontros, sobretudo aquelas relacionadas ao uso da programação para desenvolver o pensamento computacional e aprender matemática. Pensava: “parece que já faço isso, sem saber que o fazia”. Meu entusiasmo só aumentava, o que levou-me a passar pelo processo seletivo para ingressar nesse programa em 2019, indicando Maltempi como possível orientador. E deu certo!

Todas essas experiências de vida - como aluna, professora, pesquisadora e mãe - contribuíram sobremaneira para transformar minha visão de mundo, de educação, de como se ensina e como se aprende. Levou-me a reconhecer nas pessoas, e em especial nas crianças, uma capacidade natural para aprender, desde que inseridas num contexto que favoreça seus diferentes estilos de aprendizagem. Quanto a minha formação em Ciência da Computação, não foi desperdiçada, ao contrário, esse conhecimento encontrou um espaço privilegiado em meus estudos e reflexões quando deparei-me com o pensamento computacional como possibilidade para articular matemática, tecnologias, abordagens ativas de ensino e de aprendizagem e pressupostos teóricos, rumo a compreensões sobre uma “nova” [para mim] maneira de “ser” professora e pesquisadora.

Após a narrativa de meu percurso pessoal de transformação de perspectivas, de visão de mundo e de educação, seguimos “contando” como se deu a construção do projeto de pesquisa que culminou em nosso objeto de investigação.

1.2 - Da inquietação inicial ao objetivo da pesquisa: o percurso e o design emergente

Esta pesquisa teve sua origem a partir de inquietações, que ganharam força durante minha atuação como professora formadora de professores em um curso de Licenciatura em Matemática. Como docente em componentes curriculares que apresentam, exploram e discutem

as possibilidades e desafios das tecnologias digitais nos processos de ensino e de aprendizagem de matemática, demandas provenientes de minha prática emergiram, sobretudo a partir da publicação da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018). Esta, enfatiza sobremaneira o uso das tecnologias digitais na Educação Básica, apresentando-as não apenas como recursos pedagógicos, mas como agentes participantes de um processo de aprendizagem que objetiva desenvolver nos estudantes conhecimentos que vão além dos tradicionais conteúdos, alcançando habilidades e competências rumo a uma formação integral do indivíduo (BRASIL, 2018). As inquietações aumentaram quando percebi que o Pensamento Computacional também havia sido contemplado pela Base como uma das habilidades a serem estimuladas e desenvolvidas nos estudantes da Educação Básica, e articulado ao conhecimento matemático no Ensino Fundamental.

Como professora formadora, diversos foram os desafios enfrentados com o objetivo de proporcionar aos licenciandos experiências de aprendizagem que contemplavam conteúdo, recursos, relações sociais, fundamentação teórica, métodos instrucionais, atitudes e valores. Todo este esforço para que os futuros professores compreendessem a complexidade inerente aos processos educativos, e a responsabilidade e dimensão do trabalho do professor. Procurei desenvolver uma prática fundamentada nos princípios da simetria invertida, professor-pesquisador, pesquisa-ação, para assim oportunizar experiências de aprendizagem aos futuros professores diferentes das tradicionais e que pudessem impactar suas futuras práticas docentes.

Diante desse cenário de ensino permeado por uma postura investigativa, surgiu a primeira inquietação: Como construir e desenvolver processos de ensino e de aprendizagem em um curso de Licenciatura em Matemática que articulam habilidades matemáticas, competências gerais e específicas de matemática, pensamento computacional e tecnologias? Neste sentido, este questionamento corrobora Borba, Almeida e Gracias (2018, p. 21) quando afirmam que as “pesquisas na Área de Ensino e Educação são, em geral, originadas por inquietações que nasceram em sala de aula. Elas são impulsionadas por problemas diversos e por questões a serem discutidas, investigadas e modificadas [...]”. Esta inquietação deu origem a diversas outras, que contribuíram para ações de planejamento e desenvolvimento de uma prática reflexiva e investigativa, como apresentado por Barbosa e Maltempi (2020). Neste ponto do projeto de pesquisa, percebi que, sob a perspectiva da Metodologia Qualitativa, o objeto de pesquisa perseguido foi construído por possuir relações significativas para a pesquisadora, relações estas que emergiram não apenas dentro do contexto social vivenciado na sala de aula,

mas também como fruto de “pressões sociais, ou mesmo induzido por políticas públicas que clamam por um determinado tipo de pesquisa” (BORBA; ALMEIDA; GRACIAS, 2018, p. 21).

Outra experiência transformadora aconteceu no segundo semestre de 2018 quando cursei a disciplina *Pensamento Computacional na Educação Matemática* como aluna especial no Programa de Pós-graduação em Educação Matemática da Unesp de Rio Claro. Nesta ocasião, tive a oportunidade de conhecer diversas pesquisas realizadas em diferentes lugares do mundo com o objetivo de investigar diversos temas: como integrar o Pensamento Computacional (PC) e currículo da Educação Básica; como abordar o PC na formação inicial e continuada de professores de matemática; como desenvolver atividades mão-na-massa com potencial para desenvolver o PC enquanto se aprende matemática, entre outros temas. Este aprofundamento teórico e prático sobre o PC, em conjunto com demandas provenientes da prática como professora formadora de professores, intensificaram minhas reflexões e instigaram a busca por compreensões sobre as possíveis relações e articulações entre matemática, PC, tecnologias, formação de professores e BNCC, convergindo numa primeira proposta de projeto de pesquisa com a seguinte pergunta diretriz: Como o Pensamento Computacional pode ser articulado ao currículo de matemática do ensino fundamental de modo a cumprir com os direitos e objetivos de aprendizagem previstos na BNCC?

Na pergunta inicial de pesquisa, podemos identificar três elementos: PC, currículo de matemática do ensino fundamental e direitos e objetivos de aprendizagem da BNCC. Sobre o referido currículo, percebemos ser muito amplo, contemplando uma grande quantidade de temas e conceitos divididos em nove níveis de ensino. A mesma característica se aplica aos direitos e objetivos de aprendizagem previstos na BNCC. Este foi o primeiro desafio encontrado na problemática formulada que motivou sua reformulação, rumo ao que afirma Turato e colaboradores (2019) sobre as abordagens qualitativas de pesquisas que “pedem recorte lógico de objeto para ser realizável” (TURATO et al., 2019, p. 136).

Além da redefinição do escopo do problema, e portanto do objeto de investigação, percebemos a existência de uma lacuna teórica que precisava ser preenchida. Em sua versão inicial, a proposta de pesquisa era sustentada teoricamente por pesquisas que investigavam as possíveis relações, desafios e potencialidades existentes entre PC, matemática, currículo da Educação Básica, e formação de professores, além de trazer e discutir as concepções e pressupostos pedagógicos da BNCC. De fato, estava evidente ali uma confusão entre referencial teórico e revisão da literatura, enfatizado por Borba, Almeida e Gracias (2018) através da pergunta: “Foi possível perceber a diferença entre ‘referencial teórico’ e ‘revisão da literatura’

em uma investigação?” (BORBA; ALMEIDA; GRACIAS, 2018, p. 76), os quais afirmam serem partes distintas de uma pesquisa e com significados diferentes, mas que muitas vezes são tratadas de forma similar pelo pesquisador.

Identificado o equívoco, parti para a busca de referenciais teóricos que tivessem ressonância com a visão de conhecimento e educação assumidos, para assim construir, de modo mais completo, as lentes teóricas pelas quais pudesse firmar meu olhar sobre o problema. Encontrei nas ideias de John Dewey, um filósofo e educador norte-americano, uma teoria que possuía consonância com minha visão de mundo, além de contemplar situações de aprendizagem que incluíam o aprender fazendo, a manipulação de objetos e de conceitos, e a construção coletiva e social do conhecimento, com o objetivo de proporcionar às crianças experiências de primeira mão sobre situações problemáticas, em grande medida a partir de experiências próprias (DEWEY, 1976).

A respeito da filosofia da educação de Dewey, Goldenberg (2004) traz à discussão a abordagem de pesquisa assumida por ele, identificando-a como parte do interacionismo simbólico⁴ e das produções publicadas pela chamada *Escola de Chicago*, um termo que designa um conjunto de pesquisas realizadas a partir da perspectiva interacionista na Universidade de Chicago. Ainda de acordo com Goldenberg (2004), Dewey trouxe para o interacionismo o pragmatismo, uma filosofia de intervenção social “que postula que o pesquisador deve estar envolvido com a vida de sua cidade e se interessar por sua transformação social” (GOLDENBERG, 2004, p. 26).

Em consonância com os pressupostos filosóficos de Dewey está a concepção de educação e de aprendizagem de Papert (1985; 2008), a qual questiona o modelo tradicional de ensino por transferência, procurando compreender como o relacionamento entre crianças e computadores pode afetar a aprendizagem, sobretudo de matemática. Em Papert (1980; 2008) encontramos a perspectiva construcionista para a educação, cujas ideias essenciais dizem respeito às contribuições do computador sobre “processos mentais de maneira conceitual [...] influenciando o pensamento das pessoas mesmo quando estas estiverem fisicamente distantes dele” (PAPERT, 1985, p. 16).

Neste contexto, definimos como objetivo de pesquisa desenvolver experiências matemáticas educativas construcionistas que contemplam o PC como elemento-chave,

⁴ Em 1937, Blumer criou o termo interacionismo simbólico e sistematizou seus pressupostos básicos em *Symbolic Interactionism, Perspective and Method*, onde discute os mais importantes aspectos da interação simbólica (GOLDENBERG, 2004).

buscando “compreensões e interpretações significativas do ponto de vista da interrogação formulada [...] explicações cada vez mais convincentes e claras sobre a pergunta feita” (BICUDO, 1993, p.18). Sob essas lentes teóricas, definimos uma segunda versão para a questão de pesquisa: Como se dão as aprendizagens das habilidades matemáticas, competências gerais e específicas da matemática e do pensamento computacional ao se construir e desenvolver experiências matemáticas educativas construcionistas (ExMEC) que contemplem o PC como elemento-chave articulador?

Considerando os fundamentos da teoria de John Dewey que enunciam que toda aprendizagem acontece dentro do contexto de uma experiência educativa, como também os pressupostos teóricos de Papert fundamentados na ideia de uma aprendizagem construcionista que acontece no contexto de um micromundo computacional, a investigação em torno dessa pergunta propunha a construção e desenvolvimento das ExMEC através de atividades de programação, atentando-se para as possibilidades de se trabalhar habilidades relacionadas ao pensamento computacional. Definimos nossa busca, conforme assenta Bicudo (1993), por configurações para as ExMEC que “delineiam seus contornos conforme perspectivas assumidas pelo pesquisador” (BICUDO, 1993, p.18), tendo a ciência de que junto as vozes dos dados “não há uma última resposta, uma solução definitiva, não há compreensão e interpretações plenamente desenvolvidas e que dão conta de todas as dimensões do fenômeno interrogado. Mas há sempre o ‘andar em torno... outra vez e outra ainda...’” (BICUDO, 1993, p. 18).

Ao conceber o PC como um elemento articulador, procuramos investigar seu potencial de ação como meio, e ao mesmo tempo, como um fim. Um fim, pois consiste num dos objetivos de aprendizagem, numa habilidade a ser desenvolvida nos aprendizes. Um meio, pois pretende-se mobilizar suas habilidades durante a prática das experiências matemáticas educativas construcionistas a fim de se investigar e compreender como age no processo de aprendizagem de matemática e no desenvolvimento das competências.

Ao aprofundarmos nossas leituras sobre a filosofia da experiência, chegamos ao conceito de *pensamento reflexivo*, construído por Dewey (1979) para ocupar o lugar do elemento que traz inteligência a uma experiência educativa. O pensamento reflexivo é considerado essencial para que uma aprendizagem voltada à compreensão de uma situação e construção de conceitos formais aconteça durante a experiência educativa de uma pessoa, a qual, quando diante de uma situação de dúvida ou de um problema, necessita aplicar sua capacidade de reflexão para compreender o que a cerca, e assim construir uma possível solução ou compreensão para o que se mostra.

Nossas leituras e reflexões sobre o conceito de pensamento reflexivo nos levou a investigar as possíveis relações que poderiam ser construídas entre esse conceito e o conceito de pensamento computacional assumido nesta pesquisa, como também entre o pensamento computacional e o pensamento mecânico definido por Papert (1985). Isso significa estabelecer uma correspondência entre estes três estilos de pensamento para investigar como o PC pode ocupar o lugar do pensamento reflexivo numa experiência matemática educativa construcionista desenvolvida através da construção de programas com o objetivo de se ensinar e se aprender matemática. Neste sentido, passou a fazer parte desta pesquisa o estudo teórico necessário à construção dessas possíveis relações e correspondências entre estes estilos de pensamento, bem como entre outros conceitos provenientes das teorias de Dewey e Papert, com o objetivo de tecer as lentes teóricas sobre as quais nosso olhar estaria firmado durante a análise dos dados. Dessa forma, nossa questão de pesquisa passou a ser assim definida: Como o pensamento computacional, enquanto elemento articulador das Experiências Matemáticas Educativas Construcionistas, pode agir num processo de aprendizagem que transforma “o que é” para “o que poderia ser” o fazer matemático dos estudantes?

Assim, nosso foco de investigação migrou do que a BNCC diz sobre as habilidades, competências gerais e específicas de matemática e sobre o Pensamento Computacional para contemplar como ocorre o processo de construção de significados de conceitos matemáticos quando a aprendizagem acontece durante o desenvolvimento de uma ExMEC que tem o PC como elemento-chave e articulador. Para tanto, entendemos que existe um percurso a ser desenvolvido pela criança que aprende, que parte da sua compreensão inicial sobre “o que é” uma ideia ou um conceito matemático específico, para construir e alcançar sua própria compreensão sobre o formalismo matemático relacionado à ideia inicial.

No entanto, a análise dos dados nos mostrou que as experiências desenvolvidas pelas crianças não se tratavam de experiências matemáticas, mas sim de experiências computacionais, através das quais os significados matemáticos poderiam ser construídos. Tal equívoco foi percebido e indicado como tal por um dos professores membros da banca de qualificação. Além disso, percebemos que o foco sobre o processo de transformação de uma ideia matemática intuitiva até alcançar um formalismo matemático não estava muito claro na pergunta de pesquisa. Decidimos, então, reformulá-la, resultando na questão de pesquisa assim estabelecida:

Como os pensamentos reflexivo e computacional influenciam a construção de significados matemáticos que partem de ideias intuitivas, durante experiências computacionais educativas construcionistas (ExCEC)?

Diante da pergunta que norteia essa pesquisa, partimos para traçar um panorama geral sobre como a literatura discute os diversos temas que nos interessam.

1.3 - O que nos diz a literatura

Nossas leituras sobre a filosofia da experiência de John Dewey nos levaram a perceber que muitos dos problemas da educação escolar identificados em sua época (séculos XIX e XX) ainda sobrevivem na escola de hoje. Isso nos chamou a atenção, nos levando a aprofundar nossos estudos procurando compreender do que se tratava sua filosofia baseada na ideia de experiência pessoal, pois o termo experiência parecia possuir sinergia com a teoria construcionista e com nossos objetivos de pesquisa.

Alguns trabalhos encontrados na literatura já apresentam as relações entre as ideias de Papert e Dewey, e como o trabalho de Dewey parece influenciar a teoria construcionista. Ferreira e Duarte (2012) relacionam o construcionismo à ideia de Dewey sobre aprender pela prática, afirmando que a teoria construcionista abarca, de modo explícito, o modelo de aprendizagem baseado no *do-it-yourself*, “oriundo da pedagogia de John Dewey” (FERREIRA; DUARTE, 2012, p. 1). Esses autores citam um trecho de um discurso de Papert, gravado na década de 1980 numa conferência de educadores no Japão, o qual estabelece sua concepção de aprendizagem, que acontece quando o aprendiz busca por um conhecimento para aplicá-lo enquanto constrói algo no mundo.

Temos tentado encontrar maneiras pelas quais crianças possam usar a matemática para fazer algo interessante, de tal forma que a relação das crianças com a matemática seja mais parecida com a dos engenheiros, dos cientistas, dos banqueiros e de todas as pessoas importantes que usam a matemática construtivamente para construir algo (Papert, 1980, parte 1).

Martins e Teixeira (2015) traçam um diálogo entre a ação pragmatista e experimentalista de John Dewey, sua crítica à escola tradicional e sua visão de escola, e a abordagem construcionista de Seymour Papert. Para os autores, Papert deu início às práticas pedagógicas que fazem uso da tecnologia, o que hoje se conhece por Informática na Educação. Em seu trabalho, os autores fazem “uma relação do *continuum* experiencial de Dewey e o micromundo de Papert” (MARTINS; TEIXEIRA, 2015, p.1), aplicando ambos os conceitos dentro do contexto da Informática na Educação. Para tanto, afirmam que, para Papert, o computador se mostrava como uma máquina poderosa para materializar o *continuum* experiencial de Dewey, com o objetivo de viabilizar a construção de conceitos pelas crianças. E assim o faz ao valorizar

um processo de aprendizagem voltado à construção mental do sujeito, capaz de libertar seu pensamento criativo com o suporte de suas próprias construções no mundo, o que está fortemente alinhado a lógica deweyana de experimentação contextualizada (MARTINS; TEIXEIRA, 2015).

Também trazem para a discussão a ideia de ambos os autores sobre como as estruturas intelectuais são construídas: “pelo estudante, e não ensinadas por um professor, não significando, contudo, que elas sejam construídas do nada” (MARTINS; TEIXEIRA, 2015, p. 57). Ao contrário, como qualquer construtor, a criança se apropria, para seu próprio uso, de materiais que ela encontra e, mais significativamente, de modelos e metáforas sugeridos pela cultura que a rodeia (PAPERT, 1985). E sobre a relação entre o micromundo de Papert e o princípio do *continuum* experiencial de Dewey, afirmam que

um micromundo é um ambiente do mundo real, limitado e controlado, no qual um aprendiz pode experimentar competências e conhecimentos novos. Nestes ambientes de aprendizagem a instrução progride das competências mais simples às mais complexas, formando uma aplicação prática do continuum experiencial de Dewey. A primeira ferramenta que Papert propôs para experiência computacional do micromundo foi o ambiente de programação para crianças chamado Logo (MARTINS; TEIXEIRA, 2015, p. 59).

De maneira geral, para os autores

[...] Papert desenvolve muito bem as contribuições experientialistas de Dewey, pois em seu trabalho, aponta o computador como gerador de possibilidades da prática educativa, mostrando os softwares que ajudam o indivíduo a criar suas próprias ideias e a construir seus conhecimentos (MARTINS; TEIXEIRA, 2015, p. 57).

Fino (2017) afirma ser Dewey “um dos mais importantes inspiradores de Papert, como este profusamente reconhece” (FINO, 2017, p. 21), sendo esse reconhecimento a base de sua inspiração para escrever seu artigo. Ao decidir discutir sobre pedagogia, Fino escolhe utilizar algumas das ideias de Dewey para dar “uma clarificação do conceito de construcionismo” (FINO, 2017, p. 21), afirmando que ambos consistem em “dois dos pedagogos mais importantes do século XX” (FINO, 2017, p. 21). As relações estabelecidas por Fino (2017) se dão em torno de duas ideias de John Dewey: a manipulação de ferramentas e materiais para dar expressão a emoções felizes; e o direito ao erro, as quais considera muito presentes na teoria construcionista.

Sobre a primeira ideia, sua relação com o construcionismo se dá através da concepção de um processo de aprendizagem ativo por parte do aprendiz, que constrói suas próprias estruturas mentais ao interagir com seu meio, que inclui pessoas e objetos ali presentes.

O construcionismo - a palavra com N em oposição à palavra com V - compartilha a conotação do construtivismo como uma “construção de estruturas de conhecimento”, independentemente das circunstâncias da aprendizagem. Em seguida, acrescenta que isso acontece especial e felizmente num contexto em que o aprendiz está conscientemente empenhado na construção de uma entidade pública, seja um castelo de areia na praia, seja uma teoria do universo (PAPERT, 1991, p.1).

Quanto a importância do erro, Fino (2017) cita Dewey (2001, p. 204-205) quando afirma que

[...] a oportunidade para cometer erros é uma exigência secundária. Não porque os erros sejam sempre desejáveis, mas porque o excesso de zelo em selecionar material e dispositivos que proíbem a possibilidade de errar, restringe a iniciativa, reduz o julgamento ao mínimo e obriga o uso de métodos que estão tão distantes das situações complexas de vida [...].

Tal é a perspectiva construcionista observada por Fino (2017, p. 15), pois

[...] numa aprendizagem fundada sobre o direito à iniciativa (as crianças estão no comando, como referia Papert) é natural que a aprendizagem aconteça através de processos de ensaio e erro, em que a resposta inesperada seja encarada como um passo positivo na direção pretendida e o aprendiz seja encorajado a pensar por que motivo o resultado inesperado ocorreu.

Assim, para ambos, os erros não são motivos para punição, nem errar significa falhar, mas são encarados como resultados inesperados, cuja ocorrência deve estimular o pensamento e a compreensão sobre o que está acontecendo.

As relações sinérgicas entre o construcionismo e a filosofia da experiência se confirmaram a partir de nossa investigação teórica, o que nos levou a construir uma rede de diálogos entre diversas ideias de ambos os autores, resultando na Seção 4 desta tese, que apresenta e discute como as ideias das duas teorias se entrelaçam para formar a sustentação teórica de nossa investigação.

Outro tema de interesse em nossa pesquisa se refere ao pensamento computacional na Educação Matemática, e como se pode articular a aprendizagem matemática e o desenvolvimento do PC por meio das tecnologias digitais. Para conhecer as produções nacionais de doutorado que relacionam PC e matemática, realizamos uma busca no banco de teses e dissertações da CAPES. Aplicamos os termos *pensamento computacional* AND *educação matemática* para encontrar teses defendidas entre 2019 e 2023, concentradas nas áreas de Ensino de Ciências e Matemática, Ensino e Aprendizagem de Matemática e seus Fundamentos Filosóficos e Científicos, Ensino de Ciências e Educação Matemática, e Ensino de Matemática e Formação de Professores. O período foi selecionado tendo como base a publicação da BNCC em 2018 (BRASIL, 2018), a qual consiste num marco na legislação brasileira que instituiu o PC como uma habilidade obrigatória a ser desenvolvida nos estudantes da Educação Básica. A busca retornou um total de oito teses, sendo uma delas desenvolvida numa escola colombiana, e outras duas que não contemplaram o PC como tema de pesquisa. Por esses motivos, foram desconsideradas nesta revisão de literatura. Já os objetivos e resultados de pesquisa das cinco teses restantes serão apresentados nos próximos parágrafos.

Azevedo (2022) busca compreender em sua tese o processo de formação em matemática de estudantes do ensino médio quando constroem jogos digitais usando o Scratch e desenvolvem dispositivos robóticos associados, destinados ao tratamento de sintomas da doença de Parkinson. Para tanto, analisou os dados produzidos à luz dos pressupostos teóricos do construcionismo e do pensamento computacional. Seus resultados indicam que o processo de formação em matemática foi compreendido como potencial de transformação social, intelectual-científica e responsável dos estudantes que, por meio de suas invenções, buscaram contribuir com o tratamento de sintomas da doença de Parkinson. Além disso, afirma que este processo de formação em matemática foi caracterizado pelo engajamento do estudante em sociedade por meio do fazer ciência com a matemática integrada à computação.

Bertazini (2022) investigou possibilidades para desenvolver o pensamento computacional em atividades propostas em livros aprovados pelo PNLD para o ensino médio, analisando neles as atividades que faziam uso de tecnologias digitais para favorecer o desenvolvimento do pensamento computacional. Para tanto, recorreu aos construtos teóricos da Abordagem Instrumental de Rabardel, e elementos praxeológicos da Teoria Antropológica do Didático de Chevallard. Como resultado, encontrou nas atividades que faziam uso dos softwares GeoGebra e do Scratch características construtivas e de utilização mais aderentes às possibilidades de desenvolvimento do pensamento computacional, afirmando que as propostas das coleções de livros investigadas fornecem condições para o desenvolvimento do pensamento computacional.

Idem (2022) buscou responder à seguinte questão: “Como estudantes de oitavo e nono anos resolvem problemas para construir padrões dinâmicos no Scratch?”. Com base nessa pergunta, o estudo objetivou compreender o processo de construção de padrões dinâmicos no Scratch, e identificar e explicar o que os estudantes mobilizaram nesse processo. O cenário de produção de dados se deu por meio de Experimentos de Ensino realizados com doze estudantes de oitavo e nono anos do Ensino Fundamental, durante os quais os participantes utilizaram as simulações para resolver diferentes problemas visuais e construir seus próprios padrões. Essas situações tinham como objetivo estimular o pensamento matemático, o pensamento computacional e o pensamento sensível. A pesquisa teve como aporte teórico as noções referentes à tomada de decisão de Alan Schoenfeld e o construto seres-humanos-com-mídias de Marcelo Borba e Mónica Villarreal. Os resultados evidenciaram que o processo de resolução de problemas para construir padrões dinâmicos se iniciou por meio da interpretação do

problema visual, englobando aspectos subjetivos e do pensamento com a simulação, o qual se mostrou bastante complexo, não linear e dinâmico.

Souza (2021) teve como objetivo construir uma métrica que representasse a capacidade de Pensamento Computacional dos alunos ao término do Ensino Fundamental. Para isso, utilizou um instrumento que realiza um diagnóstico sobre o Pensamento Computacional por meio de uma abordagem quali-quantitativa de característica exploratória-descritiva, atendendo ao rigor das técnicas estatísticas de análise multivariada de dados. Os resultados possibilitaram construir e validar um modelo integrado por três dimensões estruturantes: algoritmo, reconhecimento de padrões e decomposição, procurando responder a questão sobre quais são as habilidades que os alunos ao término do Ensino Fundamental de uma cidade do oeste paulista mobilizam e articulam diante da resolução de problemas, por meio de tarefas desplugadas de fundamentos da Ciência da Computação.

Bussmann (2019) teve como objetivo construir uma teorização, tendo como base os processos do pensamento matemático avançado apresentados por Dreyfus e as concepções do pensamento computacional, sendo norteado pela seguinte questão: É possível unir as discussões apresentadas por Dreyfus sobre os processos que envolvem o pensamento matemático avançado e as apresentadas pelos pesquisadores que discutem o pensamento computacional? A partir dessas discussões, é possível construir uma teorização chamada Pensamento Matemático-Computacional? A metodologia utilizada foi a pesquisa especulativa. O autor conclui que é possível fazer essa união entre os aportes teóricos investigados, construindo sua própria nomenclatura para dar conta dos objetivos de sua pesquisa, afirmando que “o Pensamento Matemático-Computacional emergiu de três áreas do conhecimento, a Psicologia, a Matemática e a Computação” (BUSSMANN, 2019, p. 117).

O ambiente de programação do Scratch tem sido utilizado para o desenvolvimento de diversas pesquisas em Educação Matemática com o objetivo de investigar possibilidades de articulação entre matemática e pensamento computacional (BARBOSA; MALTEMPI, 2019; GADANIDIS et al., 2017; AZEVEDO; MALTEMPI, 2021), possuindo recursos com grande potencial para mobilizar diversos conceitos relacionados ao PC (BARBOSA; MALTEMPI, 2019).

Do exposto, contextualizamos nossa pesquisa junto aos trabalhos que buscam compreensões sobre: i) como a aprendizagem matemática pode acontecer através de experiências educativas conforme Dewey (1976); ii) como aprofundar e relacionar as ideias de Papert às ideias de Dewey, investigando as relações existentes entre um micromundo

computacional e uma experiência educativa, e; iii) como se relacionam o pensamento reflexivo e pensamento computacional para o propósito de orientar uma aprendizagem matemática através de experiências computacionais. Daqui, partiremos rumo aos aprofundamentos teóricos necessários à construção dos fundamentos para nossa questão de pesquisa, o que será desenvolvido na Seção 3 através de uma investigação e discussão sobre as ideias dos dois teóricos selecionados: John Dewey e Seymour Papert. Seguimos antes para apresentar na Seção 2 a abordagem e os procedimentos metodológicos adotados.

CAPÍTULO 2

ABORDAGEM E PROCEDIMENTOS QUALITATIVOS DE PESQUISA

Caminhante, não faz caminho. Faz-se caminho ao andar.
Antonio Machado

Nesta seção apresentamos as escolhas metodológicas e os respectivos procedimentos adotados para a orientar e desenvolver a pesquisa. Iniciamos apresentando os pressupostos filosóficos que fundamentam nosso estudo sob a perspectiva ontológica, epistemológica, axiológica e metodológica, relacionando-os à visão de mundo e de educação assumidas nesta investigação. Na sequência apresentamos o contexto investigativo onde se desenvolveu a pesquisa de campo para a produção dos dados, indicando quais critérios importam para a construção das ExCEC e apresentando as características do ambiente e dos sujeitos participantes. Por fim, a abordagem qualitativa desenvolvida é apresentada, a qual norteou a escolha dos procedimentos metodológicos para a produção e análise dos dados.

2.1 – Onde a Visão de Conhecimento e a Abordagem de Pesquisa se encontram nesta pesquisa?

Reconhecendo a importância de compreender e tornar explícito os pressupostos e teorias subjacentes a esta pesquisa, perguntamos: onde filosofia, teoria e abordagem de pesquisa se encontram no processo desta pesquisa? Adotamos a perspectiva de Creswell (2014), que contempla quatro conceitos nos pressupostos filosóficos que fundamentam estudos qualitativos: ontológico, epistemológico, axiológico e metodológico, os quais podem assumir determinada visão de mundo a depender da estrutura interpretativa adotada na investigação.

A visão epistemológica de um estudo qualitativo contempla como conhecimento produzido evidências subjetivas dos participantes. Além disso, o pesquisador assume uma postura que tenta reduzir a distância entre ele e os sujeitos investigados. Nossa investigação assume a concepção de conhecimento Construtivista de Piaget, que interpretada por Maltempo (2005, p.2) afirma que “as pessoas constroem conhecimento na medida em que agem sobre o

objeto de conhecimento (uma coisa, uma ideia ou uma pessoa) e sofrem uma ação deste objeto”. Isto implica afirmar que o conhecimento é uma produção coletiva e socialmente acordada. Rejeitamos, assim, ideias que acreditam que o conhecimento possa ser descoberto ou transmitido.

Partimos dessa visão de conhecimento para firmarmos nossa concepção de educação de acordo com a teoria de Papert (1985; 2008), que propõe que educar consiste em criar situações para que os aprendizes se engajem em atividades que proporcionam um processo construtivo, dando condições para que os alunos construam um produto de significado pessoal que possa ser compartilhado em uma comunidade. Essa visão epistemológica e de educação está em harmonia com a teoria da aprendizagem pela experiência de Dewey (1976), através da qual as crianças podem se engajar em situações práticas e significativas, ricas em recursos, conhecimento científico e interações sociais, considerando que a aprendizagem acontece através de uma sequência contínua de experiências educativas que se atualizam e se ampliam mutuamente.

A visão ontológica de uma pesquisa qualitativa diz respeito à adoção de múltiplas realidades por parte de diferentes pesquisadores e dos sujeitos alvos da investigação, de modo que a intenção de um estudo qualitativo seja compreender e reportar as múltiplas realidades, múltiplas perspectivas dos sujeitos, o que inclui o uso de múltiplas formas de evidências. A visão ontológica assumida nesta pesquisa busca compreender os significados subjetivos produzidos pelos sujeitos envolvidos enquanto estão inseridos em seu ambiente natural e engajados em suas experiências de aprendizagem. Esses significados podem ser variados e múltiplos, de modo que precisamos nos atentar para a complexidade das visões, sem reduzi-las a categorias ou ideias. Além disso, entendemos que esses significados são negociados socialmente e historicamente, o que está em consonância com a filosofia da experiência de Dewey e nossa visão construcionista de aprendizagem.

Questões relacionadas aos valores trazidos para a pesquisa também precisam ser discutidas a fim de compreender seu papel dentro de um estudo qualitativo. Os valores consistem na perspectiva axiológica assumida pelos pesquisadores, os quais reconhecem que sua investigação carrega valores e vieses, não sendo, portanto, neutra. É o que Goldenberg (2004) chama de *bias*⁵, afirmando que o pesquisador precisa ter consciência da interferência de seus valores na seleção e no encaminhamento do problema estudado. Rejeitamos, assim, a

⁵ Termo em inglês aceito e muito utilizado pela comunidade de cientistas sociais, que pode ser traduzido como viés, parcialidade, preconceito.

suposta neutralidade afirmada e perseguida por pesquisadores quantitativistas, assentando ser fundamental a explicitação de todos os passos da pesquisa e o enfrentamento das valorações “introduzindo as premissas valorativas de forma explícita nos resultados da pesquisa” (GOLDENBERG, 2004, p. 45), prevenindo assim sua interferência nas conclusões. Nesta investigação, conhecimentos e valores relacionados a minha formação inicial em Ciência da Computação influenciam as discussões teóricas, metodológicas e os direcionamentos perseguidos. O próprio objeto de investigação está diretamente relacionado às experiências acadêmicas e formativas anteriores, haja vista que o foco da investigação recai sobre a presença do pensamento computacional em experiências computacionais. Tais escolhas corroboram o que afirma Goldenberg (2004, p. 45) que “A simples escolha de um objeto já significa um julgamento de valor na medida em que ele é privilegiado como mais significativo entre tantos outros sujeitos à pesquisa [...]”. Acolhendo o que afirma a autora que “Quanto mais o pesquisador tem consciência de suas preferências pessoais mais é capaz de evitar o *bias* [...]” (GOLDENBERG, 2004, p. 45), nossa meta é buscar o que Pierre Bourdieu, interpretado por Goldenberg (2004), chama de objetivação: “o esforço controlado de conter a subjetividade” (GOLDENBERG, 2004, p. 45).

Outra preocupação trazida à discussão se refere à sinergia que deve existir entre os procedimentos metodológicos de uma pesquisa qualitativa em Educação Matemática e as concepções teóricas assumidas pelo pesquisador. A adoção da abordagem qualitativa de pesquisa implica enfatizar as particularidades de um fenômeno em termos de seu significado para o grupo pesquisado (GOLDENBERG, 2004). Compreendendo a metodologia como o conjunto de procedimentos metodológicos ou caminhos percorridos e sistematizados na busca por compreender e interpretar situações relacionadas a pergunta formulada, Lincoln e Guba (1985) apontam a necessidade de coerência entre procedimentos de pesquisa e visão de conhecimento, ou ainda, Borba, Almeida e Gracias (2018) afirmam que “tais caminhos são tomados a luz de uma visão de conhecimento sobre o que significa conhecer” (BORBA; ALMEIDA; GRACIAS, 2018, p. 39). Dessa forma, buscar essa sinergia implica escolher procedimentos metodológicos que permitam a produção de dados que contenham as vozes e perspectivas dos sujeitos envolvidos, que captem suas subjetividades, e mais especificamente na Educação Matemática, suas compreensões, raciocínios e produções matemáticas.

As escolhas metodológicas apresentadas nas próximas seções corroboram o que diz Borba e Araújo (2020) sobre a rigidez precoce do planejamento, que “partimos de uma inquietação inicial e, com algum planejamento, não muito rígido, desencadeamos um processo

de busca [...] abertos para encontrar o inesperado; o plano deve estar frouxo o suficiente para não ‘sufocarmos’ a realidade [...]” (BORBA; ARAÚJO, 2020, p. 46).

Caminhando para migrar do que Turato e colaboradores (2019) chamam de “pesquisa abstrata para a pesquisa concreta” (TURATO, et al., 2019, p. 137), aquela que sai do campo ideal e da consciência do pesquisador para alcançar a concretude de um determinado tipo de pesquisa, adquirindo assim delimitação própria, adotando estratégias, métodos, técnicas pertinentes e sustentando-se num corpo teórico, apresentaremos nas próximas seções as escolhas para a abordagem e procedimentos metodológicos utilizados nesta investigação.

2.2 O contexto investigativo

Pesquisar as diferentes maneiras que a aprendizagem matemática pode acontecer envolve compreender processos cognitivos inseridos num contexto, com o objetivo de desenvolver afirmações derivadas de investigações realizadas no que Lincoln e Guba (1985) chamam de *Natural Setting*, o que traduzimos para *contexto natural* ou *ambiente natural*, com base no que se “ouve” dos dados ou em evidências. Sobre ele, afirmam que “realidades são um todo que não podem ser compreendidas isoladas de seus contextos, nem podem ser fragmentadas para um estudo separadas das partes (o todo é mais do que a somas das partes)” (LINCOLN; GUBA, 1985, p. 39). Creswell (2014) chama este contexto natural de *habitat* natural, o qual faz parte de uma lista que caracteriza os estudos qualitativos, afirmando que os pesquisadores qualitativos “não trazem os indivíduos para um laboratório (uma situação artificial) nem mandam instrumentos para os indivíduos preencherem, como uma pesquisa estatística” (CRESWELL, 2014, p. 50), ao contrário, se inserem no ambiente onde os indivíduos participantes vivem, falam com eles de perto e observam suas atitudes dentro de seu contexto.

Seguindo esse pressuposto para um estudo qualitativo, esta investigação objetiva construir e desenvolver as Experiências Computacionais Educativas Construcionistas - ExCEC - em um contexto natural onde se ensina e se aprende matemática, ou seja, em um ambiente formativo com a participação de um grupo de crianças de diferentes níveis de ensino e da professora-pesquisadora de matemática. Para tanto, precisamos definir e conhecer todos os elementos humanos e não humanos que fazem parte de uma ExCEC: alunos, professora, pesquisadora, níveis de ensino, ambiente, tecnologias, currículo de matemática, conhecimentos matemáticos prévios e outros elementos que possam surgir. Para atender as demandas provenientes do contexto onde as ExCEC foram desenvolvidas, um estudo sobre esse ambiente foi realizado antes do desenvolvimento das experiências, com o objetivo de compreender a realidade de todos os sujeitos envolvidos e os recursos disponíveis.

Outros apontamentos se referem a algumas características das ExCEC que se fazem necessárias de modo a oportunizar a construção de respostas à pergunta norteadora. Essas características foram construídas levando-se em consideração os pressupostos teóricos de Dewey (1976; 1979) para uma experiência educativa, de Papert (1985; 2008) para uma aprendizagem construcionista em um micromundo computacional, e a perspectiva de pensamento computacional assumida nesta pesquisa. Desta forma, foi necessário uma investigação profunda e ampla sobre essas teorias com o objetivo de tecer um construto teórico para fundamentar o planejamento e desenvolvimento das experiências computacionais. Esse construto é apresentado na Seção 4 e consiste na lente teórica que norteou nosso trabalho de campo durante a produção e análise dos dados.

Neste sentido, construir as ExCEC implicou contemplar os sujeitos envolvidos na pesquisa de campo, os recursos, aspectos teóricos, metodológicos e estratégias de mediação da professora para oportunizar o desenvolvimento e mobilização dos processos cognitivos apresentados e discutidos pelas teorias contempladas durante a atividade matemática das crianças. Além disso, para a pergunta formulada foi importante considerar o que Papert(1985) chama de *sistemas transitórios de conceitos* para permitir às crianças partir de ideias matemáticas e computacionais consideradas intuitivas rumo a um percurso com o objetivo de construir significados e concepções formais relacionadas a essas ideias, sem se atentar para qualquer fator limitante do pensamento ou da criatividade dos aprendizes, como o currículo escolar por exemplo. Essa liberdade de ação e de pensamento, prevista tanto para aprendizes quanto para a professora-pesquisadora, foi essencial para que a investigação buscasse compreensões sobre como acontece a construção de significados matemáticos partindo de intuições rumo à conceitualização dessas ideias.

Vamos agora conhecer mais sobre o contexto de construção das ExCEC, apresentando as características do ambiente onde a pesquisa de campo foi desenvolvida e dos sujeitos envolvidos.

A Instituição Parceira

A pesquisa de campo foi desenvolvida na Organização não Governamental (Ong) Empreendedor Mirim, localizada na cidade de Birigui, no estado de São Paulo. Vamos chamá-la a partir de agora de Mirim. Ela consiste numa Ong que oferece o serviço de assistência social em parceria com o poder público municipal e empresas privadas, das quais recebe recursos financeiros. Atende crianças e adolescentes de 6 a 17 anos de idade que se encontram em situação de vulnerabilidade social, e que precisam ser atendidas no período de contraturno ao

da escola regular. Ali, desenvolvem atividades voltadas ao lazer e formação extracurricular através de atividades esportivas, cursos de língua estrangeira, informática básica, artes, robótica, entre outros.

Conseguimos acesso e autorização para desenvolver esta pesquisa na Mirim graças ao acordo estabelecido entre ela e o Instituto Federal de São Paulo, campus Birigui, onde estou vinculada como servidora federal e professora na área de computação. Por conta deste acordo, já havia ministrado alguns cursos ali em anos anteriores voltados ao ensino da programação de computadores para a construção de jogos digitais, o que também facilitou as tratativas necessárias para o desenvolvimento do trabalho de campo.

A Mirim foi uma opção viável em detrimento de uma escola regular por alguns motivos:

- O acesso às escolas públicas regulares estava mais difícil de conseguir por conta da pandemia de Covid-19. Embora as aulas presenciais houvessem retornado em fevereiro de 2022, o diagnóstico das escolas apontava uma defasagem de aprendizagem considerável, o que exigia da gestão e dos professores ações de emergência para superar esses problemas em um curto espaço de tempo. Assim, consideravam que abrir suas portas para o desenvolvimento de mais uma atividade seria inviável naquele momento.
- Desenvolver nossa pesquisa em alguma escola regular implicaria atender as demandas curriculares da escola, o que significaria impor um fator limitante ao nosso objetivo de pesquisa, qual seja, investigar como acontece a construção de significados matemáticos partindo das intuições das próprias crianças, o que exige liberdade curricular para que os conceitos matemáticos e computacionais surjam a partir das demandas específicas de cada projeto pessoal das crianças, e não como exigência de um currículo. Tal exigência não fazia parte da realidade da Mirim por não ser uma instituição educacional regular, o que nos proporcionou a liberdade curricular necessária aos objetivos desta pesquisa.
- O período de aplicação da pesquisa em uma escola regular deveria obedecer ao calendário escolar, se estendendo durante todo o período letivo anual. Além disso, uma das exigências da escola era oferecer os encontros a todas as turmas de um mesmo nível de ensino, por exemplo, a todos os quartos anos, ou a todos os quintos anos. Isso aumentaria em demasia a quantidade de sujeitos participantes, o período de produção de dados, a quantidade de experiências educativas desenvolvidas, a quantidade de dados produzidos, e como consequência, o escopo e a complexidade das etapas de produção e análise de dados. Não encontramos tais problemas na Mirim, pois a única exigência feita foi atender a uma turma completa de alunos.

Sujeitos participantes

Participaram da pesquisa de campo a turma de alunos da Mirim composta por crianças de 9 a 12 anos de idade, com um total de 11 alunos. Todos estavam matriculados no quarto, quinto ou sextos anos do ensino fundamental de escolas públicas regulares no período da tarde, enquanto nossos encontros aconteceram pelas manhãs, às sextas-feiras, com duração de duas horas cada. No total, tivemos 23 encontros totalizando 46 horas de pesquisa de campo desenvolvidas na Mirim.

De início, tivemos a ajuda de uma estagiária da instituição, a qual ficava responsável por ligar as máquinas, levar a turma até o laboratório de informática, organizar os alunos na sala e, durante o desenvolvimento das experiências, ajudava com qualquer problema técnico que surgisse relacionado aos *notebooks* ou à conexão com a Internet, como também auxiliava as crianças a se conectarem em sua conta *online* do Scratch. Esse suporte da estagiária aconteceu apenas nos primeiros encontros, pois precisou substituir outros colaboradores em alguns dias, e por fim, acabou acompanhando parte da nossa turma que desistiu de participar da pesquisa de campo. Por se tratar de uma pesquisa que se preocupa com questões éticas relacionadas ao livre arbítrio das crianças para decidirem se querem ou não participar, deixamos claro no início que nenhuma delas era obrigada a frequentar os encontros. Ao contrário, que eram livres para participar ou não, e caso não quisessem, poderiam desenvolver outras atividades no mesmo horário com a estagiária.

No início, todas participaram, mas aos poucos, conforme os primeiros desafios começaram a surgir, exigindo delas dedicação e responsabilidade intelectual para pensar, criar e construir, as crianças menos interessadas preferiram abandonar seus projetos para participarem de alguma oficina de arte com a estagiária, brincar no parque, ou jogar futebol. Começamos nosso trabalho de campo com uma turma de 11 participantes e terminamos com quatro - um de 10, dois de 11, e um de 12 anos - os quais participaram ativamente, do início ao fim, de todas as atividades desenvolvidas. Como forma de dar visibilidade a seus trabalhos, organizamos um momento de culminância no último dia de encontros, um Festival de Invenção e Criatividade - FIC - em parceria com a Rede Brasileira de Aprendizagem Criativa através de seu núcleo regional Noroeste Paulista, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Festival de Invenção e Criatividade (FIC) realizado em parceria com a RBAC com o objetivo de apresentar os projetos desenvolvidos por Maria, Kimberly, Paulo e Vitor.



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Figura 1 apresentamos o a cerimônia de início do FIC, em que apresentei as crianças que apresentaram seus projetos: Maia Ana, Kimberly, Paulo e Vitor. Também apresentamos alguns momentos de interação entre as crianças e os visitantes da feira, através dos quais os participantes puderam brincar com seus projetos ao mesmo tempo em que seus construtores puderam expressar os conhecimentos desenvolvidos durante o processo de construção.

Recursos disponíveis e utilizados

Para o desenvolvimento da pesquisa de campo, utilizamos *notebooks* conectados à Internet, material de papelaria como lápis, borracha, canetas hidrocor, tintas, cola, folhas sulfite A4, cartolinas, massinha de modelar; material de eletrônica para a construção dos dispositivos robóticos como placas *makey makey*, fios, materiais condutores de energia e conectores; e a plataforma de programação Scratch disponível gratuitamente *online*. Os materiais de papelaria e *notebooks* foram disponibilizados pela Mirim, enquanto os materiais de eletrônica foram disponibilizados pela Unesp. As experiências aconteceram nas dependências da Mirim, em seu laboratório de informática.

2.3 - A abordagem metodológica *Design Based Research* (DBR) e sua aplicação para construir o *design* de nossa investigação

Goldenberg (2004) argumenta que o pesquisador precisa estabelecer seus próprios caminhos metodológicos de modo que se tornem mais adequados a seu objeto de investigação, sendo criativo e flexível para explorar diferentes possibilidades. De posse dessa perspectiva, consideramos a importância dos critérios apresentados para o planejamento e desenvolvimento das ExCEC, e a fluidez de um ambiente naturalístico como contexto de aplicação da pesquisa de campo, para optar pela metodologia de pesquisa qualitativa *Design Based Research* (DBR).

Por acreditar que o contexto onde as situações de aprendizagem são desenvolvidas é importante, decidimos realizar nossa investigação em um ambiente naturalístico a fim de compreender sua relevância e influência dentro deste processo, sendo orientados por uma agenda que caminhou em torno da questão de pesquisa. Barab e Squire (2004) afirmam que existe uma tendência cada vez maior dos pesquisadores na área da educação desenvolverem seus próprios contextos, estruturas, ferramentas e modelos pedagógicos consistentes com suas teorias pedagógicas e seus pressupostos filosóficos, o que também ajuda a melhor compreendê-los. Isso implica uma engenharia sistemática dos ambientes de aprendizagem, e o desenvolvimento de um kit de ferramentas metodológicas, de modo a permitir interpretações fundamentadas do que chamam de *evidence-based*.

Seguindo esta perspectiva, compreendem a DBR como uma série de abordagens aplicadas com o objetivo de produzir novos artefatos, práticas e teorias que permitam compreender o processo de ensino e de aprendizagem em ambientes naturalísticos, e ao mesmo tempo sobre ele agir (BARAB; SQUIRE, 2004). Envolve tanto projetar quanto investigar contextos naturalísticos de aprendizagem, testá-los e revisá-los, num processo iterativo similar às variações clássicas em experimentos (COBB et al., 2003). Como tal, a pesquisa baseada em *design* sugere uma abordagem filosófica pragmática, no sentido de que o valor de uma teoria reside em sua capacidade de produzir mudanças no mundo, assim como o é a filosofia da experiência de John Dewey (1976).

Neste sentido, a DBR foi eleita como uma possibilidade metodológica para atender questões relacionadas à complexidade e dinamicidade contextual da nossa “sala de aula”, bem como nossos objetivos de pesquisa. Uma das principais características dessa abordagem é se preocupar em compreender a “bagunça” de um ambiente real e naturalístico de aprendizagem, considerando o contexto como elemento essencial do processo. Essa abordagem coaduna-se com a proposta das ExCEC de contemplar toda a complexidade e dinamicidade de um ambiente, com múltiplas variáveis que interagem entre si: aprendizes, professora, tecnologias, conceitos matemáticos e computacionais, estratégias de ensino e de mediação, pensamento computacional, pensamento reflexivo, pesquisadora, as relações sociais advindas de um processo coletivo de produção do conhecimento, e também o poder de ação dos agentes não-humanos, o que inclui o próprio *design* da pesquisa. Isso justifica a opção por uma abordagem metodológica que permita a construção e compreensão sistemática do projeto de *design* da pesquisa, adequando-o às particularidades do contexto, ao mesmo tempo em que garante flexibilidade para revisão deste projeto. Isso significa, como assenta Barab e Squire (2004), que

os sujeitos participantes não são vistos como passivos em um processo de *design*, mas sim como co-participantes tanto do projeto quanto da análise. Desta forma, ao aplicar a DBR objetivamos:

- Projetar e desenvolver as ExCEC de modo a contemplar o ambiente naturalístico onde se dará a investigação;
- Caracterizar as situações que constituem uma ExCEC;
- Investigar os processos de aprendizagem de matemática e a mobilização do pensamento computacional das crianças inseridas nestes contextos;
- Construir compreensões e relações teóricas a partir da aplicação do *design* na prática pedagógica em consonância com os aportes teóricos adotados para o pensamento computacional, experiências educativas de Dewey e construcionismo de Papert.

Barab e Squire (2004) defendem que o DBR coloca os pesquisadores da aprendizagem nos papéis de “*designers* de currículo” e, implicitamente, como “teóricos de currículos” (BARAB; SQUIRE, 2004, p. 2). Essa perspectiva coaduna-se com nossa proposta de investigar como acontece a construção de significados matemáticos partindo das ideias intuitivas das crianças quando se projeta contextos de aprendizagem construcionistas baseados em experiências educativas, articulando matemática e pensamento computacional através das tecnologias. Além disso, os autores afirmam que “a pesquisa baseada em *design* está preocupada com o uso do *design* a serviço do desenvolvimento de modelos amplos de como os humanos pensam, conhecem, agem e aprendem” (BARAB; SQUIRE, 2004, p. 5), buscando contribuir para questões teóricas de uma determinada área. Desta forma, aplicamos a DBR para compreender e desenvolver os modelos de como as crianças participantes do trabalho de campo pensam, conhecem, agem e aprendem para, a partir disso, contribuir para um desenvolvimento teórico através da construção de relações entre diferentes ideias e conceitos dos autores investigados.

Desenvolver a pesquisa em ambientes naturalísticos aproxima os resultados obtidos da realidade de uma sala de aula. No entanto, traz para si o desafio de definir e limitar o escopo da investigação com vistas a aprofundar o estudo e as interpretações sobre o raciocínio e o fazer matemático e computacional das crianças. Para atender a necessidade de um aprofundamento das interpretações possíveis sobre a realidade em estudo, realizamos um recorte sobre essa realidade, selecionando algumas das situações de aprendizagens desenvolvidas pelos aprendizes da turma de crianças. Esta seleção foi orientada pela questão de pesquisa, de modo que durante a análise dos dados procuramos por experiências educativas que traziam consigo evidências que nos ajudassem a respondê-la. Dessa forma, foi possível desenvolver as ExCEC

sem alterar a dinâmica do contexto em que aconteciam, ao mesmo tempo em que nossa análise buscava por evidências interessantes do ponto de vista de nossos objetivos.

Assim, partimos de um contexto naturalístico amplo (ambiente formativo), onde um conjunto de aprendizes participaram e desenvolveram suas próprias experiências computacionais, para selecionar um conjunto de experiências educativas particulares, cada uma das quais caracterizadas como uma entidade bem definida: uma, duas crianças, ou um grupo delas, tendo como unidade identificadora de cada experiência o projeto pessoal desenvolvido pelo aprendiz ou por um grupo deles.

A seleção do conjunto de sujeitos participantes de uma ExCEC aconteceu durante a análise dos dados, e levou em consideração as particularidades percebidas a partir da observação das ações dos aprendizes individualmente, suas interações entre si e com seu meio, quando observadas e analisadas à luz de nosso construto teórico, e sendo orientadas por nossa questão de pesquisa. Buscamos, assim, os seguintes objetivos para a construção de cada ExCEC:

- Construir e detalhar cada ExCEC, sendo norteados por nossa questão de pesquisa.
- Descrever cada ExCEC através da construção de narrativas que apresentam um enredo e como aconteceram os fatos durante seu desenvolvimento. Mostramos, através da apresentação de fatos e de diálogos, como se deu o processo de aprendizagem matemática e computacional pela construção de significados pelos próprios aprendizes, engajados num processo de pensamento reflexivo e pensamento computacional rumo à construção de compreensões e soluções de seus problemas.
- Eleger os elementos e os sujeitos das ExCEC em função da pergunta de pesquisa, e com nosso olhar firmado através da lente teórica construída.
- Reunir informações sobre os projetos de programação desenvolvidos em cada ExCEC, sobre as situações problemáticas que surgiram durante seu desenvolvimento, sobre as estratégias do PC mobilizadas e/ou desenvolvidas, sobre os princípios matemáticos aplicados, sobre as ideias e conceitos matemáticos e computacionais construídos, sobre o raciocínio desenvolvido pelo aprendiz durante a formulação e resolução dos problemas através da mobilização de seu pensamento reflexivo e computacional.

À vista da exposição justificada das opções metodológicas, colocamos em prática um processo de triangulação de procedimentos para atender a demandas e especificidades desta pesquisa, os quais serão apresentados a seguir.

2.4 – Procedimentos Metodológicos da Pesquisa

Lincoln e Guba (1985) destacam a importância da triangulação de diversos procedimentos metodológicos para a produção dos dados. Borba e Araújo (2020) explicam a triangulação como a “utilização de vários e distintos procedimentos para a obtenção dos dados” (BORBA; ARAÚJO, 2020, p. 41), assentando sobre dois tipos: de fontes e de métodos. A primeira, implica checar informações obtidas a partir de uma fonte específica (por exemplo, uma entrevista), com outras informações provenientes de outra fonte (por exemplo, observação participante). Já a segunda, significa utilizar diferentes procedimentos para produzir dados relacionados sobre uma mesma situação. A triangulação numa pesquisa qualitativa é reconhecida como uma estratégia para aumentar sua credibilidade e como consequência atestar sua confiabilidade.

Seguindo essa perspectiva, buscamos a credibilidade de nossa investigação aplicando uma triangulação de fontes durante a produção de dados, como também a partir da análise cuidadosa e profunda do que se “vê” e “ouve” dos dados produzidos, se atentando para a descrição detalhada do contexto e dos fatos investigados, e também para as consequências do *design* da pesquisa sobre o ambiente naturalístico inquirido, realizando as devidas e oportunas conexões entre a teoria e nossa prática pedagógica.

2.4.1 – A Produção dos dados

Produzir descrições detalhadas das ações dos sujeitos humanos e não-humanos, dos raciocínios matemáticos e do pensamento computacional dos aprendizes, e dos contextos naturalísticos são características da abordagem metodológica DBR. Para alcançarmos isso, utilizamos uma triangulação de fontes durante a produção dos dados através dos seguintes instrumentos:

- Gravação de vídeos dos episódios das ExCEC;
- Material produzido pelas crianças durante o desenvolvimento das ExCEC: relatos, auto-avaliação, programas, dispositivos robóticos, anotações, produções matemáticas por escrito;
- Observações da pesquisadora, registradas em seu diário de campo escrito e em áudio, contendo as ações e reflexões construídas em cada encontro.

Os participantes da pesquisa de campo - crianças e professora-pesquisadora - se envolveram em uma série de encontros com o objetivo de “ver” e “ouvir” suas ações sob o ponto de vista dos aprendizes. Como professora, agi como um sujeito que ensina e observa as reações de suas ações. Como pesquisadora participante, observei as reações das crianças às

minhas intervenções e, enquanto desenvolviam seus projetos de programação, o surgimento e desenvolvimento de suas ideias e seu raciocínio matemático e computacional com o objetivo de compreender *como* e *porque* aconteciam, e quais relações poderiam ser construídas entre as situações práticas e os pressupostos teóricos.

Minhas intervenções durante a produção dos dados foram norteadas por uma metodologia de ensino desenvolvida para estimular o surgimento de ideias quando diante de uma situação problemática, e o pensar sobre o próprio pensar, a qual chamamos de *mediação questionadora*. Foi posta em prática sempre que uma criança solicitava alguma ajuda para compreender e resolver uma situação problemática que a impedia de continuar seu projeto. Nestes momentos, eu pensava sobre a dúvida expressa, testava e observava o programa construído pela criança procurando compreender o que estava acontecendo. Quando chegava a alguma conclusão, orientava o raciocínio da criança através de questionamentos, levando-a a refletir sobre algo importante e que precisava compreender para resolver seu problema.

Outra estratégia consistia em levar a criança a revisar seus pensamentos aplicando o *debugging*, através do qual seguia o passo-a-passo de seu programa em pensamento, procurando compreender o que era executado, confrontando os resultados obtidos com suas expectativas, levando-a a pensar sobre seu pensar e a aprender com seus erros, tendo a oportunidade também de transformar suas intuições iniciais sempre que eram frustradas pela observação.

Diversos registros foram construídos e pré-analisados semanalmente: gravação de vídeos, diários de campo da professora-pesquisadora, autoavaliação dos alunos, relatos de experiência das crianças, seus programas e dispositivos robóticos. A produção dos dados foi dividida em dois momentos: (1) o planejamento e pré-análise das ExCEC, e (2) o desenvolvimento das ExCEC, os quais serão apresentados e discutidos a seguir.

1 - Planejamento e pré-análise das ExCEC

Neste momento aconteceram duas atividades de modo concomitante: o planejamento e a pré-análise das ExCEC. O planejamento foi desenvolvido antes de cada encontro com o objetivo de planejar as atividades a serem desenvolvidas na próxima ExCEC. Para tanto, precisei pensar em quais atividades poderiam ser desenvolvidas, quais seriam os momentos de intervenção com toda a turma, como se daria a mediação questionadora, quais conceitos matemáticos e computacionais poderiam ser contemplados nos projetos das crianças, quais instrumentos poderia aplicar para registrar os dados, e quais recursos seriam utilizados pelas crianças em seus projetos pessoais.

O planejamento de cada encontro, com exceção do primeiro, foi construído com base numa pré-análise dos dados produzidos no encontro anterior. Desta forma, os objetivos de cada encontro foram planejados com base nos resultados alcançados no encontro anterior, de modo que alguns deles eram retomados quando necessários e novos direcionamentos eram estabelecidos a partir das compreensões desenvolvidas pela pré-análise. Assim, o *design* da pesquisa foi construído concomitantemente a sua aplicação, o que foi oportunizado pela própria natureza metodológica da DBR que prevê a liberdade necessária ao pesquisador para construir seu *design* conforme as especificidades da pesquisa. Alcançamos, portanto, a liberdade necessária para pôr em prática o pensar e o agir da professora e das crianças para construir e explorar seus projetos de programação rumo à construção de significados e conceitos matemáticos e computacionais que emergiram a partir deles.

As seguintes questões nortearam o trabalho de planejamento: quais objetivos poderiam ser definidos com base nos projetos dos estudantes? Como os conceitos matemáticos e computacionais que apareceram nos projetos poderiam ser ampliados e aprofundados no próximo encontro? Como poderia acontecer a intervenção instrucional com a turma e a mediação questionadora da professora? Quais direcionamentos sobre quais projetos precisariam ser desenvolvidos a fim de avançarmos rumo a compreensões em torno de nossa pergunta de pesquisa?

Durante o desenvolvimento das ExCEC, construímos um diário de campo, o qual foi alvo da pré-análise procurando responder às seguintes questões: quais objetivos anteriores foram alcançados; como foram alcançados; quais precisam ser retomados? Além disso, procuramos compreender os seguintes pontos de interesse em torno da pergunta de pesquisa: quais conceitos matemáticos e computacionais apareceram nos projetos? Como se deu o raciocínio matemático e o pensamento computacional dos estudantes? Os projetos precisam ser continuados ou outros devem ser iniciados?

Na sequência apresentamos um dos registros de planejamento construído com base numa pré-análise realizada sobre o encontro anterior.

AULA 3 – 24 DE JUNHO DE 2022

Tema: Explorando a intuição matemática das crianças

PLANEJAMENTO

Objetivo: explorar a intuição matemática usando o Scratch (continuação da aula 2). Como não sabemos quais são os conhecimentos matemáticos anteriores das crianças, queremos nesse

encontro explorar o conhecimento matemático pré-existente, seja formal ou intuitivo, sem, no entanto, usar qualquer instrumento de avaliação tradicional.

Objetivos Específicos:

- ☐ Explorar e ampliar o conhecimento matemático contido nos projetos construídos pelos alunos.
- ☐ Continuar a construção dos micromundos matemáticos usando o Scratch.
- ☐ Investigar como poderia acontecer a aprendizagem matemática de forma mais natural aplicando os princípios matemáticos construcionistas.
- ☐ Desenvolver, investigar e refletir sobre como acontecem as experiências computacionais e como se dá a construção dos significados matemáticos.
- ☐ Investigar e refletir sobre as ideias computacionais relacionadas ao PC que surgiram nos projetos, e como são mobilizadas para uma aprendizagem matemática e como elemento racional de uma experiência educativa.
- ☐ Usar o Scratch como um ambiente para modelagem dinâmica dos problemas, estimulando a experimentação e descoberta matemática através de questionamentos, construção e teste de conjecturas dos próprios aprendizes. Testar as hipóteses usando o Scratch e seu *feedback* imediato, oportunizando às crianças a construção de ideias e conceitos matemáticos através da exploração, e não da explicação da professora.
- ☐ Aplicar a mediação questionadora, e evitar a resposta “pronta e correta” às perguntas das crianças.
- ☐ Desenvolver a prática do pensamento e reflexão para controlar e remodelar o impulso primeiro através de questionamentos, para oportunizar o desenvolvimento do domínio próprio para a construção e planejamento de propósitos.
- ☐ Investigar se ocorrem diálogos entre teoria e prática

2 - O desenvolvimento das ExCEC

As experiências computacionais foram construídas durante 23 encontros de duas horas cada, totalizando 46 horas de atividades de campo, durante o período de 3 de junho a 25 de novembro de 2022. Iniciou-se com um encontro chamado de Acolhimento e terminou com um momento de culminância, no qual realizamos a Feira de Invenção e Criatividade (FIC) em parceria com a Rede Brasileira de Aprendizagem Criativa através de seu núcleo regional

Noroeste Paulista. A extensa carga horária foi necessária por dois motivos: i) para atender aos objetivos da pesquisa, e; ii) para atender os requisitos de calendário da instituição parceira.

Sobre o primeiro motivo, extraímos de nosso referencial teórico que todo aprendiz precisa de tempo para desenvolver e construir sua aprendizagem, o que se mostrou verdadeiro na prática desde o início do desenvolvimento das ExCEC. Além disso, pretendemos compreender como se dá um processo de transformação de ideias intuitivas rumo ao formalismo matemático, o que significa investigar como surgem essas ideias matemáticas intuitivas, como são expressas através da linguagem oral ou de registros informais, como são representadas por seus programas, e como são transformadas através da construção de significados enquanto as crianças estão engajadas em suas experiências computacionais. Todo esse processo não acontece de modo estanque e em pouco tempo, o que também ficou evidente já no início do trabalho de campo. Sobre os requisitos de calendário da Mirim, nos foi solicitado para permanecer com a turma durante todo o segundo semestre, o que acabou contribuindo para os propósitos de nossa pesquisa.

As atividades planejadas para o desenvolvimento das experiências computacionais foram aplicadas com toda a turma de crianças. Durante os encontros, fomos orientados pelo planejamento desenvolvido, mas com um grau considerável de flexibilidade, pois nosso objetivo não foi executar tudo o que estava planejado, mas sim sermos orientados pelas questões e reflexões realizadas pela pré-análise a fim de não nos distanciarmos dos nossos objetivos de pesquisa.

Nossas experiências aconteceram no laboratório de informática da Mirim. Cada criança tinha acesso a um notebook conectado à internet, através do qual se conectavam a suas contas pessoais no Scratch para desenvolverem seus projetos de programação. No início da “aula” as orientações iniciais eram passadas: se deveriam continuar seus projetos, apresentá-los, iniciar outro, participar de uma discussão com a turma e com a professora, a depender dos objetivos planejados. Em alguns encontros, no entanto, atividades não planejadas foram desenvolvidas, provenientes de demandas das próprias crianças. Um exemplo foi a construção de um micromundo no Scratch para explorarmos e investigarmos as ideias relacionadas às operações de multiplicação e de divisão. As crianças manifestaram suas dúvidas sobre essas operações, afirmando que teriam *prova* sobre esses temas na escola. Diante dessa realidade, do sentimento de urgência das crianças e da expressão de seus temores sobre essa avaliação, decidi adiar os planos desse encontro para atender a essa demanda, o que resultou em experiências computacionais orientadas pelo pensamento reflexivo do tipo abstrato (DEWEY, 1979), as

quais são apresentadas na seção 5.9 Foi uma experiência muito interessante, durante a qual uma das alunas, Maria Ana, expressou: “eu não sabia que eu poderia usar os dedos para calcular a tabuada”, pois junto a sua exploração no Scratch fez uso de seus dedos para compreender a ideia da multiplicação em função de uma sequência sucessiva de somas de parcelas iguais.

De fato, o fator principal considerado durante o desenvolvimento das ExCEC foi dar *liberdade de criação e de construção para as crianças desenvolverem seus projetos*. Esse critério se mostrou importante para investigarmos como o fazer matemático das crianças se transformava de ideias intuitivas rumo a um formalismo conceitual através da construção de significados quando os aprendizes estão engajados em suas experiências computacionais educativas construcionistas permeadas pelo PC, com liberdade para agir e pensar seus problemas e propósitos.

Os conceitos matemáticos e computacionais de um próximo encontro, bem como os pressupostos teóricos alvos de reflexão, foram definidos a partir dos fatos que se apresentavam na prática das crianças e da professora, e identificados conforme surgiam. Assim, não nos valem da teoria para aplicá-la de modo deliberado e inflexível sobre a atividade prática. Ao contrário, estávamos com nossos olhos atentos, buscando evidências teóricas sobre a atividade prática, sem ter a certeza se surgiram ou não. Estávamos com o espírito aberto para verificar se seria possível construir as ExCEC através dos micromundos computacionais, e se as aprendizagens matemáticas e computacionais iriam acontecer conforme assentado por nosso referencial teórico.

Neste momento, como afirma Goldenberg (2004, p. 95-96), “É a hora de exercitar o olhar crítico sobre a pesquisa e verificar quais foram os objetivos iniciais e o que realmente foi alcançado”, partindo para a apresentação metodológica da análise dos dados.

2.4.2 – A análise dos dados

Creswell (2014) afirma que a análise “não é algo pronto; ao contrário, ela é feita sob medida, revisada e ‘coreografada’” (CRESWELL, 2014, p.147). Os dados produzidos e registrados pelos instrumentos foram alvos de análise para a identificação e construção das ExCEC. Cada uma delas foi construída e delimitada levando-se em consideração os projetos pessoais desenvolvidos pelas crianças, recebendo um número de identificação, seguido pela indicação da criança ou grupo de crianças autoras do projeto. Além disso, cada ExCEC foi desenvolvida durante um período de tempo necessário para que o projeto pudesse ser concebido, desenvolvido e finalizado, demandando uma sequência de encontros. Dessa forma, cada encontro que formou uma determinada ExCEC recebeu uma identificação, sendo chamado

de episódio. Por exemplo, temos a *ExCEC 2 - planetas malucos de Paulo*, formada por quatro episódios identificados por *a*, *b*, *c* e *d*, formando a seguinte sequência de experiências: $ExCEC_{2a}$, $ExCEC_{2b}$, $ExCEC_{2c}$ e $ExCEC_{2d}$.

Em cada episódio de uma *ExCEC*, o foco da análise se deu sobre as particularidades de cada criança ou grupo delas, sobre como pensaram e desenvolveram seus projetos de programação, sobre como surgiram suas ideias intuitivas, e como aconteceu o processo de transformação de suas intuições rumo à construção dos conhecimentos matemáticos e computacionais formais. Esse conjunto de informações nos interessa por possuir relações com nossa pergunta de pesquisa, e por isso serviram como critérios para seleção das histórias de aprendizagem que se destacaram, aquelas que chamaram a atenção e o olhar da pesquisadora por possuírem características que se destacaram e a tornaram peculiar, merecendo, portanto, ser investigada com profundidade para compreender o seu “como” e os seus “porquês”.

Durante a análise de cada *ExCEC*, nos dispusemos a investigar e compreender, *de modo profundo*, as situações que envolveram seu desenvolvimento, sendo norteados por nossa questão de pesquisa: *Como os pensamentos reflexivo e computacional influenciam a construção de significados matemáticos que partem de ideias intuitivas, durante experiências computacionais educativas construcionistas (ExCEC)?* Situações essas que priorizaram a inserção das crianças num contexto de aprendizagem num ambiente computacional construcionista através de experiências pessoais desenvolvidas pela construção de programas no ambiente Scratch. Procuramos interpretar e compreender suas ações e raciocínio matemático e computacional durante esse processo de aprendizagem, sendo sustentados pelo construto teórico para alcançarmos o aprofundamento das interpretações, buscando explorar e explicar as atividades matemáticas das crianças sob o ponto de vista delas, partindo de suas próprias ideias ou intuições matemáticas rumo à construção dos formalismos relacionados a essas ideias. Para tanto, tivemos acesso ao raciocínio dos aprendizes, a suas concepções matemáticas, e ao modo como lidam com os conceitos, expressos por suas próprias palavras, registros em papel, e sobretudo representados através de seus programas.

Para a apresentação dos dados optamos pela abordagem de narrativas, o que chamamos de *histórias de aprendizagens*. A contação de *histórias de aprendizagens* teve como objetivo aproximar o leitor da realidade experienciada em nosso contexto naturalístico, em que os sujeitos participantes da pesquisa interagem entre si com o objetivo de alcançar propósitos em colaboração. Para tanto, narramos os episódios selecionados para compor cada *ExCEC*, apresentando o contexto em que se deu, seu enredo, o projeto de programação e quem foi seu

construtor, os problemas que permearam sua construção, as ideias e sugestões das crianças envolvidas, suas dúvidas, os códigos de seus programas, o raciocínio matemático e computacional dos aprendizes, as intervenções e mediações questionadoras da professora, as contribuições de colegas, e os diálogos entre crianças e professora. Cada história apresenta, portanto, o enredo, os fatos, ideias e pensamentos que orientaram a construção das soluções e compreensões pelos aprendizes. Cada narrativa está permeada por evidências da teoria na prática, as quais são apontadas nos momentos oportunos para serem relacionadas aos fatos narrados de modo a facilitar sua articulação com a prática desenvolvida.

Para buscar respostas à pergunta de pesquisa, construímos e aplicamos o modelo de análise *Movimento Matemático-PC*. Nos inspiramos em pesquisas que aplicam a DBR para construir um modelo próprio de análise adaptado aos contextos e perguntas de pesquisa. Hughes e Morrison (2018) construíram o modelo *Movement to Maker* para analisar os dados de um estudo de caso que pretendia compreender o movimento de transformação de um aluno, de consumidor de tecnologias digitais para produtor de artefatos tecnológicos inovadores. Spencer (2018) construiu um modelo empírico, a partir de suas observações como professor, de como os alunos expressam sua criatividade durante sua jornada de transformação, de consumidor para produtor de mídias. Já Kafai e colaboradores (2011) apresentam uma estrutura para a compreensão de várias práticas do *Do-It-Yourself* (DIY – faça você mesmo), em que alunos podem se envolver engajados em atividades de produção de mídias, afirmando a possibilidade de identificar, nesse processo, diferentes competências relacionadas ao DIY.

As especificidades da pesquisa e as evidências encontradas nos dados nos levaram a construir nosso modelo customizado para a análise de dados. Esta estrutura foi construída de modo a orientar a busca por interpretações em torno da pergunta de pesquisa, buscando analisar comparativamente as diferentes fontes, as ideias novas que apareceram, o que confirmava ou que rejeitava as ideias iniciais, o que estes dados nos apontavam e nos levavam a pensar de maneira mais ampla, num percurso que entrelaçou dados, interpretações e teoria em busca de possíveis respostas. Assim, seguir a abordagem DBR nos permitiu construir durante o trabalho de campo tanto o *design* da pesquisa quanto um modelo próprio de análise de dados, o qual será apresentado na Seção 5.

Conhecida a abordagem e procedimentos metodológicos, podemos avançar para a Seção 3 que apresenta e discute as ideias de Seymour Papert e John Dewey sobre suas perspectivas de educação e de aprendizagem.

CAPÍTULO 3

FUNDAMENTOS TEÓRICOS E FILOSÓFICOS: O Construcionismo de Seymour Papert e a Filosofia da Experiência de John Dewey

A descoberta não pode ser preparada.
A invenção não pode ser planejada.
Seymour Papert

Nesta Seção, temos como objetivo nos debruçar sobre algumas das obras de Seymour Papert e de John Dewey buscando compreensões sobre suas perspectivas epistemológicas e de aprendizagem: o construcionismo e a filosofia da experiência, respectivamente.

Papert assume que seus livros são o resultado de sua experiência com computadores e crianças. Suas ideias surgiram enquanto vivia esses momentos, observando como as crianças se comportavam ao usar o computador para construir *micromundos* matemáticos. Para tanto, perseguia situações com potencial para produzir na criança algum tipo de identificação com a forma dos cientistas pensarem e produzirem ciência. Uma das maneiras de se fazer isso é dar a elas a oportunidade de utilizar linguagens descritivas e formais, também usadas pelos cientistas, para representarem suas ideias, seus pensamentos, e enquanto constroem produtos de significado pessoal tem a oportunidade de pensar sobre si mesmas “como se ‘fizessem ciência’ quando estão fazendo algo agradável com seu corpo” (PAPERT, 1985, p. 122).

Paralelamente a isso, encontramos em John Dewey uma ênfase dada ao processo reflexivo desenvolvido pelo aprendiz enquanto aprende através de suas próprias experiências pessoais. Ele constrói sua filosofia de educação fundamentada no conceito de experiência, identificando os principais problemas da educação de sua época e propondo novos princípios e conceitos para fundamentar novas perspectivas educativas com o objetivo de conduzir a novos modos de prática na escola. Suas ideias são construídas num contexto permeado pelo embate entre duas correntes filosóficas de educação de seu tempo: a escola tradicional e a escola progressiva. Assenta que ambas apresentam posturas extremas no que diz respeito a suas concepções sobre educação teórica e prática. A escola progressiva foi construída na base de uma clara reação à tradicional, sem qualquer construção teórica que a fundamente, e por isso é

por ele criticada. Dewey (1976) defende que uma nova filosofia da educação precisa fugir da armadilha da reação para alcançar a proposição, no sentido de construir suas próprias ideias e concepções fundamentais. O que então poderia ser aproveitado das ideias progressivas, senão sua ideia fundamental sobre a “relação íntima e necessária entre os processos de nossa experiência real e a educação”? (DEWEY, 1976, p. 8).

À vista do contexto que considera o processo de aprendizagem de matemática de crianças inseridas num micromundo computacional através do desenvolvimento de experiências pessoais pela construção de projetos de programação, pretendemos nos aprofundar nas ideias de Papert e de Dewey buscando como articulá-las aos propósitos de nossa pesquisa com o objetivo de construir as lentes teóricas sobre as quais se firmaram nosso olhar durante a produção e análise dos dados da pesquisa de campo.

Para tanto, na seção 3.1 nos dedicamos a apresentar e discutir a concepção de Papert sobre o construcionismo, micromundos e seus princípios matéticos. Na seção 3.2 apresentamos a filosofia da experiência de John Dewey, enfatizando os conceitos de experiência educativa, propósito e pensamento reflexivo, para na Seção 4 apresentarmos o primeiro resultado de nossa pesquisa. Um resultado teórico construído a partir de diversos diálogos entre muitos dos conceitos presentes em ambas as teorias com o objetivo de tecer o construto que sustentou teoricamente nosso olhar durante a produção e análise dos dados dessa pesquisa.

3.1 - O Construcionismo de Seymour Papert e possíveis diálogos com a literatura

Papert (2008) justifica sua ânsia por compreender como as pessoas aprendem ao perceber que os professores precisam trabalhar a favor da maneira natural que os seres humanos aprendem, e não contra ela. Isso significa reconhecer que observar esses métodos são úteis para compreendê-los, fomentá-los e ampliá-los com o objetivo de nos tornar aprendizes melhores.

O Construcionismo consiste na perspectiva educacional e epistemológica de Papert, que acredita que a aprendizagem depende de uma postura ativa do aprendiz, e não do quão bem o conhecimento será explicado, rejeitando a ideia de que possa ser transferido do mestre ao aprendiz (PAPERT, 2008). A respeito dessa visão dual de educação que contrasta duas abordagens distintas - aquela que enfatiza o ensino e se contrapõem àquela que enfatiza a aprendizagem - encontramos na literatura outros trabalhos que abordam o tema.

Battisti (2005) discute a relação entre ensino e pesquisa a partir das ideias de René Descartes, para o qual existe um problema em isolar o ensino da atividade de pesquisa, assumindo que o ensino possui sua natureza epistemológica dependente da pesquisa. Para tanto, o autor lança mão da contraposição feita por Descartes entre o “âmbito da descoberta científica

e o da prova ou validação do conhecimento” (BATTISTI, 2005, p.16), reflexões realizadas dentro do contexto da ciência matemática. Ao mergulhar nos manuais usados para ensinar matemática, Descartes afirma que “[...] lia neles, certamente, muitas coisas acerca dos números, cujo cálculo me fazia constatar a verdade; [...] mas, porque é que era assim e como lá se chegava não me parecia que o patenteassem bastante à mente” (DESCARTES, 1985, p. 26).

As reflexões de Descartes o levaram a concluir que a matemática ensinada nos livros e, acrescentamos, nas escolas, é apresentada como um produto pronto e acabado, ficando à margem do ensino o caminho percorrido pelos matemáticos para produzir esse conhecimento. Logo, ao aprendiz resta apenas aceitar suas verdades, ser convencido pelo rigoroso método da prova e demonstração, o qual, no entanto, não é capaz de promover a aprendizagem. Sobre isso, afirma Battisti (2005, p. 17) que “provar (convencer) e expor claramente (e ordenadamente) um conteúdo não são requisitos suficientes para a aprendizagem [...] porque ofuscam os demais ou pressupõem a eliminação [...] de outros. É por isso que a matemática, conforme nos é transmitida normalmente pelos textos (manuais), convence, mas não ensina”.

Em oposição à concepção tradicional, o Construcionismo deriva da perspectiva construtivista de Piaget de que o conhecimento não pode ser transferido pronto de uma pessoa para outra, pois mesmo “quando parece estarmos transmitindo com sucesso informações dizendo-as, se pudéssemos ver os processos cerebrais em funcionamento, observaríamos que nosso interlocutor está ‘reconstruindo’ uma versão pessoal das informações que pensamos estar ‘transferindo’” (PAPERT, 2008, p. 137). Neste sentido, apregoa uma aprendizagem que acontece através “de um processo ativo, em que os aprendizes ‘colocam a mão na massa’ (*hands-on*) no desenvolvimento de projetos, em vez de ficarem sentados atentos à fala do professor” (MALTEMPI, 2004).

À ideia de reconstrução mental do aprendiz, Papert (2008) acrescenta a visão de que esse processamento mental pode acontecer de modo prazeroso quando a construção mental do aprendiz é apoiada por uma construção pública no mundo que pode ser apresentada, discutida, examinada, corrigida, admirada. Isso significa que é externo à mente, que pode ser visto por seu construtor e sua comunidade. “Portanto, ao conceito de que se aprende melhor fazendo, o Construcionismo acrescenta: aprende-se melhor ainda quando se gosta do que se faz, se pensa e se conversa sobre isso” (MALTEMPI, 2004).

A análise das reflexões de Descartes feita por Battisti (2005) parece corroborar essas ideias e reforçar ainda mais a discrepância entre essas duas correntes filosóficas de aprendizagem: uma que é resultado do processo científico de produção, apresentada e ensinada

pronta nos livros didáticos e pelos professores; e a “outra matemática”, que é produzida pelos cientistas e carrega consigo sua história e métodos de produção. Sobre essa “outra matemática”, afirma Descartes (1985) ser capaz de dar “inteira satisfação aos espíritos dos que desejam aprender” (DESCARTES, 1985, p. 166-167), pois torna transparente o método pelo qual foi descoberta. O problema no ensino surge, então, quando os professores optam pela matemática enquanto resultado, pois deixam de lado “um conjunto de elementos de natureza heurística que dificilmente se conserva no âmbito da prova e da apresentação dos resultados da pesquisa” (BATTISTI, 2005, p. 18).

A postura construcionista não rejeita por completo a ideia do ensino, mas implica conceber a aprendizagem como um processo que prioriza a ação do aprendiz e minimiza a ação de ensino do professor. Ou, como afirma Fino (2017, p. 29), a “[...] aplicação do princípio de ensinar menos, para que os estudantes aprendam mais”, teria como consequência a transformação do papel e participação do professor no processo de ensino, de modo que a ação de ensinar deve permanecer sob controle.

Papert também enfatiza a ideia de que se faz necessário ensinar as crianças a aprenderem para se tornarem um aprendiz melhor, pois “o tipo de conhecimento que as crianças mais precisam é o que as ajudará a obter mais conhecimento” (PAPERT, 2008, p. 135), por isso, afirma ser importante desenvolver as *habilidades matéticas* do aprendiz. Identifica e apresenta em seus trabalhos um conjunto de *princípios matéticos* para serem aplicados durante um processo ativo de aprendizagem com o objetivo de desenvolver a matética natural da criança, dando a ela consciência da maneira que pensa e aprende. Disso, surge uma relação entre ensino e aprendizagem diferente da perspectiva tradicional: ensina-se melhor quando se aprende melhor, de modo que precisamos ser especialistas na habilidade de aprender para ampliar as oportunidades de aprendizagem. Também, se faz necessário “possuir bons instrumentos de pesca - por isso precisamos de computadores - e saber onde existem águas férteis - motivo pelo qual precisamos desenvolver uma ampla gama de atividades mateticamente ricas, ou ‘micromundos’” (PAPERT, 2008, p. 135).

Diante da concepção construcionista de aprendizagem, continuemos nosso percurso nos aprofundando nas ideias de Papert sobre como se dá este estilo de aprendizagem que acontece num micromundo e tem como objetivo desenvolver as habilidades matéticas do aprendiz para oportunizar o pensar sobre o próprio pensar e o aprender a aprender.

3.1.1 - Os micromundos computacionais e os *objetos-de-pensar-com* para o *aprender-com* os computadores

Ao combater a ideia de que as dificuldades enfrentadas por crianças ao tentarem aprender matemática se deve a algum tipo de incapacidade intelectual inata, Papert (1985) cria a alegoria da *Matelândia* (*Mathworld*) para nos levar a um lugar imaginário onde a matemática seria a linguagem natural para se expressar e se comunicar, assim como o francês o é na França ou o português no Brasil. O objetivo da metáfora é nos fazer refletir sobre as dificuldades enfrentadas pelos alunos ao tentarem aprender matemática na escola, as quais também são encontradas quando crianças tentam aprender um idioma estrangeiro, por exemplo o francês, fora da França (PAPERT, 1985). Se essas crianças morassem na França enfrentariam as mesmas dificuldades para aprender o francês? Ou por ser o idioma oficial do país, e, portanto, uma linguagem natural naquele ambiente, crianças que nascem e vivem na França aprendem facilmente o francês?

Seguindo esse raciocínio, podemos nos perguntar: por que uma aula de matemática não consiste num ambiente natural para se comunicar matemática? Ou, de maneira mais geral, por que a escola não se caracteriza como um ambiente natural para se comunicar ideias científicas? Essas questões nos levam a pensar sobre as habilidades ou inabilidades matemáticas dos estudantes relacionando-as ao ambiente cultural em que são desenvolvidas para serem aprendidas: nas aulas tradicionais de matemática.

Papert (1985) assume uma perspectiva em que o conhecimento científico está mais próximo do conhecimento sobre uma pessoa, um lugar, ou nosso estado intelectual, e dessa forma, a escola precisa considerar outros tipos de aprendizagem mais próximas da maneira de pensar dos alunos, buscando mais sintonia entre aprendizes e situações de aprendizagem. Para tanto, podemos considerar que as crianças já têm o hábito de formular hipóteses e pensar sobre elas, e “prover materiais para ajudá-las a fazer melhor” (PAPERT, 1985, p. 176), sobretudo usando o computador num contexto em que “permite ou obriga a criança a externalizar expectativas intuitivas” (PAPERT, 1985, p. 176), pois quando “a intuição é traduzida num programa, ela se torna mais evidente e acessível à reflexão” (PAPERT, 1985, p. 176).

A representação de ideias através de programas de computador favorece um processo de “vir a conhecer” a matemática que venha a surgir partindo de ideias matemáticas intuitivas, o que significa aproveitar o conhecimento sobre procedimentos das crianças para fazer matemática (PAPERT, 1985). Isso significa que os educadores podem “ajudar [...] criando condições para as crianças usarem um pensamento de procedimento de forma efetiva e

divertida” (PAPERT, 1985, p 186), usando computadores para “criar um ambiente no qual todas as crianças [...] pudessem aprender álgebra, geometria, ortografia e história de maneiras mais próximas à aprendizagem informal da criança pré escolar [...] do que ao processo educacional adotado nas escolas” (PAPERT, 2008. p. 28). A esse ambiente Papert (1985; 2008) chama de *micromundo*.

Os micromundos de Papert são concebidos como um contexto de aprendizagem rico em elementos manipuláveis que estão associados a ideias científicas, resultando num ambiente que possui uma *linguagem científica natural*. De fato, as pesquisas de Papert com a linguagem Logo e seus micromundos do tipo Matelândia possuem uma linguagem matemática que é natural e própria do contexto, pois o computador “fala” matemática à medida que expressões matemáticas são contempladas em sua linguagem de programação. Além de natural, esse conhecimento passa a ser valorizado e útil, e como consequência, o aluno assume uma nova postura e disposição para aprendê-lo, influenciando “a forma das linguagens [matemáticas] que essas pessoas aprendem” (PAPERT, 1985, p. 50).

Como resultado, temos que o computador é visto como um *mediador de ideias científicas*, ou mais especificamente ideias matemáticas, ou como um *objeto-de-pensar-com* para oportunizar o *aprender-com* as máquinas, trazendo contribuições sobre “processos mentais de maneira conceitual [...] influenciando o pensamento das pessoas mesmo quando estas estiverem fisicamente distantes dele” (PAPERT, 1985, p. 16), transformando a maneira das crianças de pensar e de aprender.

Papert (1985) apresenta o ambiente Logo como um *objeto-de-pensar-com* o computador, pois permite que crianças se comuniquem com a máquina dando-lhe instruções através de programas. O Logo é uma linguagem e ambiente de programação pensado para facilitar a comunicação entre crianças e máquinas. Metaforicamente, torna a aprendizagem da programação mais fácil, “mais parecido com o processo de aprender francês morando na França” (PAPERT, 1985, p. 18). Tornar acessível a comunicação entre crianças e máquinas através de um micromundo construído no Logo, permite que seus pensamentos sejam exteriorizados e representados, transformando o computador em um *objeto-de-pensar-com* enquanto as crianças concretizam suas ideias e seus projetos. Assim, Papert (1985) define como um de seus objetivos de pesquisa projetar “outros objetos que as crianças possam se apropriar a sua própria maneira” (PAPERT, 1985, p. 25), sendo o objeto Tartaruga apenas um modelo para que outros *objetos-de-pensar* fossem planejados.

Para aprender a linguagem e compreender o resultado dos comandos, as crianças se envolvem num processo de exploração digitando os comandos e recebendo o *feedback* imediato, sendo possível observar o comportamento da Tartaruga em resposta aos comandos executados. Além disso, metáforas são usadas para introduzir as crianças no “mundo da Tartaruga”. Por exemplo, “ensine a Tartaruga uma nova palavra”, “se coloque no lugar da Tartaruga e brinque de Tartaruga”, “movimente-se como uma Tartaruga”. As crianças começam a usar o objeto Tartaruga para projetos de desenhos, avançam usando sensores para fazê-la desviar de obstáculos, e avançam ainda mais quando começam a construir projetos mais complexos que fazem uso de recursos multimídia, como a música (PAPERT, 1985).

O *pensar-com-a-tartaruga* torna a Tartaruga ou outros materiais – físicos ou abstratos - objetos transacionais, pois “as crianças se relacionam com eles, e eles por sua vez se relacionam com importantes estruturas intelectuais” (PAPERT, 1985, p. 222). Neste sentido, o *pensar-com* um objeto transacional nos leva a ideia do *aprender-com*, que tem como objetivo criar condições para as crianças explorarem, de forma mais natural e próxima da maneira que aprendem, domínios do conhecimento antes considerados inteligíveis apenas de uma maneira formal e através de um ensino deliberado (PAPERT, 1985).

O *aprender-com* acontece sempre que os *objetos-de-pensar-com* estão adequadamente disponíveis e inseridos dentro de um micromundo culturalmente favorável à aprendizagem natural da criança. Essas ideias são a base para a compreensão da teoria construcionista de Papert, fundamentada na ideia de relacionamento entre aprendiz e materiais, criança e computador. E como qualquer relacionamento entre dois sujeitos, ambos agem, ambos se comunicam e respondem aos estímulos recebidos.

A partir da concepção de micromundo como um ambiente que disponibiliza objetos-de-pensar-com para favorecer o aprender-com as máquinas, precisamos compreender “o como” esse processo de aprendizagem pode acontecer quando norteado pelos princípios matéticos com o objetivo de se desenvolver as habilidades matéticas do aprendiz.

3.1.2 – Os princípios matéticos construcionistas

Papert reconhece que as pessoas possuem uma capacidade inata para aprender, o que significa que são capazes de aprender por si mesmas com autonomia e sem ensino deliberado. Entretanto, essa capacidade é limitada, carecendo de estímulos para ser ampliada através de um ambiente que trabalhe a favor desses métodos naturais, e não contra eles. Assim, apresenta a *matética* como uma área do conhecimento que se preocupa em compreender a *arte de aprender*,

e constrói um conjunto de princípios norteadores para fundamentar sua perspectiva de aprendizagem.

Nas subseções a seguir apresentamos e discutimos os princípios que identificamos dispersos, de modo explícito ou implícito em suas duas obras (PAPERT, 1985; 2008). Optamos por apresentá-los num contexto, através de narrativas que chamamos de *histórias de aprendizagens*. Tais narrativas foram apresentadas por Papert com o objetivo de ilustrar a aplicação de algum princípio matético, e como consequência acaba por aproximar sua teoria da prática do professor à medida que indica situações reais em que foram aplicados.

PI - Faça algo que tenha sentido para você

“Bastante aliviadas por descobrir que não seriam forçadas a fazer caminhões, elas estavam construindo uma casa. As meninas não estavam tentando inventar uma máquina que ‘faria algo’; estavam, sim, fazendo algo que lhes era familiar e que seria ‘bonito’” (PAPERT, 2008, p.117).

Este recorte conta parte da história de aprendizagem de Maria e suas amigas, quando foi-lhes apresentado um projeto que deveriam desenvolver usando kits LEGO-Logo. No início, pensavam que teriam que fazer “coisas de menino”, o que lhes causava um sentimento de pânico. No entanto, ao manipular os materiais, perceberam que coisas diferentes de carros, caminhões ou robôs poderiam ser construídos. Maria e suas amigas perceberam que poderiam continuar a construir coisas que faziam em casa quando brincavam com Lego. Surgiu então a ideia de construir uma casa.

A sala de aula logo se transformou num mercado de troca de peças Lego. Cada criança negociava com seus amigos as peças que lhe eram mais interessantes e úteis. Maria procurava aquelas que tornariam sua casa mais bonita.

Explorar o mercado para obter materiais para uma bela e espaçosa casa proporcionou-lhe um certo prazer empresarial; resolver problemas geométricos e técnicos de construção proporcionou-lhe uma fonte de prazer intelectual e uma forma de ser aceita devido ao resultado de todo o trabalho; a casa deu-lhe prazer estético. Ela encontrara um nicho. Agora, a questão que se coloca é: ela iria acomodar-se e permanecer naquele ponto? (PAPERT, 2008, p. 118).

A resposta à pergunta é não. Aos poucos, o grupo de Maria começou a perceber que poderiam imergir no mundo da tecnologia com o objetivo de ampliar seu projeto. O primeiro desafio foi tentar colocar uma luz piscando num cantinho escondido da casa. Sua construção e programação envolveu diversas tentativas, alternando sucessos e frustrações, erros e suas correções, num processo exploratório de formular conjecturas, testá-las, analisar os resultados,

refletir sobre eles, corrigir, quando necessário, confirmar ou refutar suas hipóteses. Por fim, alcançaram sucesso nessa primeira tentativa de unir arte e tecnologia.

Fazer piscar indefinidamente uma única luz no recôndito de uma casa feita com Lego foi um pequeno passo no mundo da tecnologia, mas quebrou o gelo. Após mais uma sessão, havia muitas luzes piscando na casa. Uma semana depois as meninas estavam usando todo o seu charme para readquirir um motor que haviam antes trocado por peças Lego mais bonitas: elas agora queriam uma árvore de Natal giratória na sala da casa. (PAPERT, 2008, p. 121).

A narrativa de Maria e suas amigas ilustra a aplicação do princípio *Faça algo que tenha sentido para você*, o qual deve ser observado no momento em que o aluno idealiza e planeja seu projeto pessoal. Maria e suas amigas decidiram enfrentar desafios culturais relacionados a crenças do tipo “eu não posso fazer isso” ou “isso não é para mim”, rompendo com barreiras prejudiciais à construção de uma identidade intelectual com autonomia. O resultado de se engajar em algo que se mostrava em sintonia consigo foi se sentir motivada para enfrentar os desafios relacionados à falta de conhecimento científico ou tecnológico, e abrir-se para aprender coisas novas.

Maria poderia, desde o início, ter sucumbido à pressão cultural, construindo um caminho como os meninos. É muito provável que fazer isso a teria levado a uma experiência desagradável e reforçado ainda mais sua profunda sensação de que aquilo não era para ela. Em vez disso, Maria seguiu seus bons impulsos interiores, engajando-se em atividades que pareciam ser adequadas para ela, enquanto se mantinha aberta para evoluir em uma nova direção (PAPERT, 2008, p. 121).

Enfrentar esse processo, apesar de desafiador, foi motivante, pois o projeto *casa* se tratava de um empreendimento pessoal que possuía sentido para as alunas, e portanto valia a pena todo o esforço e toda a aprendizagem necessária.

P.2 - Faça parte do micromundo

Quando solicitada a dar um exemplo de fração, ela desenhou um círculo, dividiu-o em dois, sombreou a metade direita e disse “Aqui está: isso é uma fração: isso é uma metade”. Quando o investigador perguntou-lhe sobre o lado não-sombreado ela disse “Não, isso não é uma fração, isso não é nada”. Para Debbie, uma “fração” não era apenas uma parte de uma coisa física, era a parte sombreada de um círculo. Além disso, tinha que ser aquela sombreada do lado direito (PAPERT, 2008, p. 109).

Essa é uma parte da história de Debbie, enquanto participava de um projeto de pesquisa que investigava as aprendizagens e compreensões dos alunos sobre frações, antes e depois de desenvolverem projetos usando o Logo. A compreensão inicial de Debbie sobre esse conceito se mostra muito restrita, relacionada apenas a um exemplo trabalhado em sala de aula pelo professor. Quatro meses depois, após o desenvolvimento do projeto, sua concepção sobre frações mudou: “Por que você fica me pedindo pra dar exemplos específicos de frações?... Não

percebe que qualquer coisa que você pensar pode ser um exemplo de Fração?” (PAPERT, 2008, p. 109).

Além de sua compreensão sobre frações, o engajamento com seu projeto também sofreu transformações. Deixou de ser uma tarefa passada pelo professor, para se transformar em um “empreendimento pessoalmente significativo, capaz de mobilizar energia intelectual” (PAPERT, 2008, p. 112). A mudança de postura da aluna foi motivada pelo sucesso que obteve em aplicar efeitos de animação em seu programa, o que despertou o interesse de outros colegas, que passaram a pedir sua ajuda para conseguir os mesmos efeitos, e assim, “De repente, a menina, que levava uma vida indiferenciada como membro da classe, encontrou-se em demanda como uma expert que possuía um conhecimento que os outros desejavam” (PAPERT, 2008, p. 112).

Seu sucesso na programação a levou a ampliar suas explorações sobre frações, colocando-a entre as frações “no mundo real ao seu redor, atribuindo-lhes uma existência que jamais tiveram antes” (PAPERT, 2008, p. 112). Engajar-se com esse conceito matemático agora fazia sentido, fazia parte de um projeto pessoalmente interessante e que valia a pena.

A narrativa de Debbie nos permite ilustrar o princípio matético *Faça parte do Micromundo*, que se opõe à aprendizagem dissociada, e deve ser aplicado enquanto se projeta o micromundo, pertencendo pois à dimensão do Micromundo. As crianças precisam se identificar com os objetos utilizados no micromundo, e com o próprio micromundo, os quais precisam estar em sintonia com algo já vivido ou conhecido por elas, para que consigam reconhecer e aplicar conhecimentos que já possuem.

O micromundo da Tartaruga permite que objetos, como as figuras construídas por Debbie, sejam desenhados e manuseados sempre que a criança desejar fazê-lo. Ela, então, reconhece e constrói um *relacionamento sintônico* com esses objetos, percebendo que podem ser úteis para algum propósito pessoal. Além disso, o micromundo da Tartaruga foi pensado para possuir sintonia com a geometria corporal da criança, a qual faz uso do seu conhecimento corporal para se colocar no lugar da tartaruga e “brincar de tartaruga” enquanto desenha figuras na tela do computador. A criança consegue imergir no micromundo, como se lá estivesse fisicamente. Essa experiência “faz uso de um campo de conhecimento bem familiar à criança, a ‘geometria do corpo’, um ponto de partida para o desenvolvimento de conexões com a geometria formal” (PAPERT, 1985, p. 81).

E o que dizer sobre a aprendizagem de Debbie sobre frações?

A participação de Debbie nesse projeto, por outro lado, levou-a a fazer conexões mais realistas. A mudança no seu pensamento não foi apenas uma questão de habilidades e

de conhecimento de fatos. Sua frase: “Você pode colocar frações em qualquer coisa” mostrou uma mudança epistemológica e também uma intenção epistemológica. Ela fez uma passagem de um tipo de conhecimento (conhecimento formal de professor) para um outro tipo (conhecimento pessoal, concreto, dela mesma). No início, uma “fração” era uma coisa categórica aprendida de um professor. No final, “frações” significavam um modo de ver o mundo (PAPERT, 2008, p. 109-110).

P.3 - Procure algo semelhante que já saiba

A ideia-chave surgiu de algo que a maioria das pessoas já observou alguma vez: quando as máquinas vibram, elas tendem a movimentar-se. [...] Tal fenômeno, às vezes chamado de “trepidação”, em geral é visto como um incômodo a ser superado, reduzindo-se a vibração do aparelho ou apoiando-o de modo mais seguro. Ricky usou um caminho diferente. Ele observou uma construção Lego vibrando e pensou em usar a tendência a trepidar como um meio de locomoção. Foi um caso típico de serendipidade - transformar uma observação acidental em vantagem (PAPERT, 2008, p. 125).

Ricky, um aluno de quarta série, teve a ideia de desenvolver um dispositivo que se movimentasse através da própria vibração. Para Papert, Rick mostrou-se um mestre em reconhecer em situações familiares algo que poderia ajudar na solução de seus problemas de projeto. A situação familiar identificada por ele foi girar “seu braço violentamente. O movimento do braço fez que seu corpo se movesse de uma maneira aparentemente aleatória. Se isso ocorresse mais rápido, seria ‘vibração’. Então, ele começou a providenciar um braço para o motor Lego” (PAPERT, 2008, p. 125-126).

Usar o conhecimento que tinha sobre seu próprio corpo foi fundamental para Rick perceber que seu dispositivo poderia também usufruir de um sistema semelhante. O levou a construir um braço mecânico que, ao girar, movimentava o dispositivo. E, mais tarde, percebeu que usar uma estrutura como seus pés daria mais sustentação ao veículo. Os passos seguintes envolveram regular a velocidade de giro do braço, compactar sua estrutura, dar sustentação ao veículo usando pernas e pés, e por fim, desenvolver um sistema de controle de sua trajetória.

A história de Rick nos mostra como pode ser importante para a aprendizagem observar situações familiares buscando reconhecer nelas algo já conhecido e interessante para ser usado na resolução de problemas novos. Outro exemplo poderia ser: para fazer a Tartaruga desenhar um círculo na tela do computador a criança pode recorrer a outro problema bem conhecido: “o problema de andar em círculo” (PAPERT, 1985, p. 88), e quando percebe isso, passa a usar um conhecimento semelhante e já assimilado na solução de um problema análogo. Outra forma de pensar e aplicar esse princípio é: esse problema está relacionado a outro problema que já resolvi anteriormente? Papert (1985) afirma que projetos desenvolvidos em Logo colocam as crianças em muitas situações familiares, tais como “brincar de Tartaruga”, “se comunicar”, “se colocar no lugar da Tartaruga”, e assim, podem basear seus comandos em suas próprias ações ou movimentos corporais. Dessa forma, fica evidente que o micromundo da Tartaruga foi

projetado para atender a esse princípio, e portanto, permite que ele seja aplicado enquanto a criança desenvolve seu projeto.

P.4 - Dê-se tempo

Aos 37 anos aprendi a consertar coisas. Antes, quase todas as minhas tentativas de fazer pequenos reparos de encanamento, consertar brinquedos ou montar uma mobília encaixotada de acordo com a hieroglífica folha de instruções que a acompanhava terminaram em confusão, fracasso e frustração. Apesar de ter conseguido concluir o curso de medicina e sustentar uma família como executivo e psiquiatra mais ou menos bem-sucedido, eu me considerava um idiota em mecânica (PAPERT, 2008, p. 91).

Essa é uma parte da história de Peck, relatada por Papert (2008). Um psiquiatra de sucesso, que se considerava um fracasso quando tentava resolver qualquer problema relacionado a consertos. No entanto, desejava aprender, mas quando se empenhava para isso, falhava. Até receber um conselho de um vizinho.

Certo dia, no final do meu trigésimo sétimo ano, ao fazer uma caminhada em um domingo de primavera, passei por um vizinho que estava consertando um cortador de grama. Após cumprimentá-lo comentei: “Amigo, admiro você. Jamais consegui consertar esse tipo de coisa ou fazer algo como isso”. Meu vizinho, sem nenhuma hesitação, respondeu de imediato: “É porque você não se dá tempo” (PAPERT, 2008, p. 92).

Peck se lembrou do conselho de seu vizinho na próxima oportunidade que teve de consertar o freio de mão de um carro. Colocou-o em prática. E como resultado, conseguiu resolver o problema.

O quarto princípio *Dê-se tempo*, mesmo parecendo tão óbvio, deixa de ser observado pela escola, que retalha o tempo a fim de cumprir sua agenda conteudista. Ele assenta que devemos ter tempo para fazer tudo com calma. Disponibilizar o tempo suficiente para que o aprendiz experimente e pense sobre o problema e suas possíveis soluções.

Como professora, vivi uma experiência similar ministrando a disciplina Estrutura de Dados no curso de Engenharia da Computação. Um dos instrumentos avaliativos foi o portfólio, aplicado sobre o tema métodos de ordenação. Passamos um semestre pensando, pesquisando, desenvolvendo projetos sobre esse tema, para que cada aluno construísse seu portfólio. Por fim, percebemos nas avaliações que esse assunto, bem como seus problemas relacionados, tiveram um bom aproveitamento de aprendizagem quando comparados aos demais temas. Isso nos leva a refletir sobre os métodos de ensino da escola desenvolvidos com a pressa necessária para cumprir os prazos de cada tópico do currículo. Nesse ritmo, as crianças têm a oportunidade de dar-se tempo para experienciar os temas, problemas e suas soluções?

P.5 - Faça Conexões

Debbie fez conexões com frações, enquanto Maria, com engenharia. Cada história teve um enredo principal com um final feliz claramente colocado. Todavia, uma tessitura delicada de conexões menores foi igualmente importante. Maria achou

engraçado que mil eventos pudessem ocorrer em uma fração de segundo; mil pode ser um número grande, mas pode ser um minúsculo pedacinho de tempo. O conceito é importante em si. Muito mais significativo é o fato de que ela *apropriou-se dele por meio de uma brincadeira ligando matemática e humor*, algo para o qual há pouco espaço na matemática Escolar (PAPERT, 2008, p. 122-123, grifo nosso).

O trecho acima retoma as histórias de aprendizagem de Debbie e Maria. Mas agora com um novo foco: *Faça conexões*. Os projetos desenvolvidos pelas meninas permitiu que conectassem um conhecimento já possuído a um outro conhecimento novo e desconhecido, o qual foi assimilado com sucesso. Essas conexões foram favorecidas pelas situações vivenciadas em seus micromundos, por estarem engajadas num projeto que possuía sentido, e por aplicarem-se a usar o que já sabiam. Assim, Debbie pôde conectar poesias a frações, e Maria engenharia civil a tecnologias.

Papert (2008) cita a brincadeira como uma das possíveis situações familiares que servem ao propósito de conectar a criança ao conhecimento matemático alvo de aprendizagem, pois consiste num contexto familiar aconchegante que favorece a apropriação da matemática de forma natural, interessante e divertida. Foi o que aconteceu com Dawn, uma menina da educação infantil, enquanto brincava com um programa Logo para desenhar e movimentar objetos na tela. Ela controlava a velocidade do movimento digitando um número, levando-a a uma descoberta matemática: “ela colocara a velocidade zero. Lentamente, ficou claro que zero era uma velocidade, de modo que ficar parado é mover-se em velocidade zero (PAPERT, 2008, p. 123-124).

O contexto abstrato em que o significado dos números é normalmente trabalhado deu lugar a um contexto rico em materiais manipuláveis seguindo uma abordagem lúdica, levando Dawn a construir seu próprio significado para o número zero dentro deste contexto. Sua brincadeira com os números a levou a tal descoberta, de modo divertido e num contexto familiar. Logo depois, suas explorações a levaram a construir significados para os números negativos, um conhecimento considerado avançado para uma criança da educação infantil.

Essas histórias nos mostram a riqueza de se realizar conexões entre conhecimentos ou situações já familiares e conhecidas da criança, a novos conhecimentos - como significar o conceito do número zero ou negativo - num processo contínuo e exploratório permeado pelo conhecimento matemático. São aplicações do princípio *Faça conexões*, posto em prática durante o processo de aprendizagem, que acontece enquanto o aluno executa seu projeto. Ele se opõe à memorização de fatos desconexos, o que implica relacionar os novos conhecimentos a outros conhecimentos ou ideias já assimiladas e que despertam seu interesse e gosto, o que Papert (2008) chama de *conexões pessoais*.

Assim, os processos de aprendizagem voltados ao desenvolvimento das habilidades matemáticas da criança sugere “uma estratégia para facilitar a aprendizagem melhorando a conectividade no ambiente de aprendizagem, por meio de opções por culturas e não por indivíduos” (PAPERT, 2008, p. 106). Ou seja, o micromundo construído para a aprendizagem deve permitir que conexões culturais sejam feitas pelos aprendizes, a exemplo do que aconteceu quando o ambiente de programação Logo (micromundo da tartaruga) foi transformado num contexto de brincadeira (cultura familiar).

P.6 Fale sobre seus pensamentos

Outra ideia essencial da matemática é “que a boa discussão promove aprendizagem” (PAPERT, 2008, p. 93). Um exemplo de boa discussão é relatado em Papert (2008) durante um *workshop* para professores sobre Logo. Enquanto programavam, o professor (Papert) percebeu diferentes estilos de programação e resolveu dar nome a cada um deles. O resultado imediato foi motivar os autores de cada estilo, provocando um sentimento de orgulho, pois “nomes eram algo para discutir e para possuir” (PAPERT, 2008, p. 78). Nomear estilos de programação é uma maneira de dar autoria a seu criador, valorizar e ao mesmo tempo atribuir uma identidade ao seu trabalho, permitindo que diferentes estilos sejam compartilhados, identificados e comparados, num trabalho de discussão respeitoso e colaborativo. Papert (2008) chama isso de microcultura.

Falar sobre estilos é uma ótima semente para o desenvolvimento de uma cultura de aprendizagem; [...] Toda aprendizagem beneficia-se da discussão – contanto que a fala seja boa, e comparar estilos é uma das melhores formas de iniciar uma conversa, contanto que as diferenças sejam claras e os participantes respeitem autenticamente os estilos dos outros enquanto defendem o seu próprio. No entanto, para que a conversa seja boa, deve ter raízes nos interesses reais dos participantes e ser apoiada pelo conhecimento e experiência (PAPERT, 2008, p. 78).

Nesta história percebemos que a boa discussão, promovida para dar oportunidade para que as crianças expressem suas ideias, traz diversos benefícios a seu processo de aprendizagem. Permite a construção da identidade intelectual da criança que se identifica com suas ideias, valoriza suas construções físicas e mentais, promove o orgulho da autoria, favorece o trabalho colaborativo etc. Também, permite que a criança repense suas estratégias de pensamento e suas decisões com base no que ouve e aprende com seus colegas.

P.7 - Estude seu próprio processo de aprendizagem

À medida que eu crescia, aprender tornou-se um hobby. Evidentemente, qualquer hobby envolve aprendizagem. Todavia, as pessoas, na sua maioria, estão mais interessadas no que aprendem do que em como a aprendizagem ocorre. De fato, a maioria aprende sem sequer pensar sobre a aprendizagem. Com frequência, situo-me no outro extremo. Aprendi prestidigitação, pilotagem de aviões e culinária não apenas

porque desejava fazer essas coisas, mas porque queria saber como seria a aprendizagem. Embora tenha chegado a gostar de todos esses hobbies em si, parte do meu prazer foi sempre o de observar-me aprendendo e construir teorias sobre como o fiz (PAPERT, 2008, p. 41).

Esse trecho narra a história do Papert aprendiz. Como professora e pesquisadora, refletir sobre as ideias e teorias de Papert, mesmo sem querer, desperta em mim diversos sentimentos, levando-me a “qualificá-las” através de diversos adjetivos: poderosa, simples, prática, inovadora, empolgante. Esse é meu lado subjetivo e humano a falar. Aquele que parece descobrir uma “bala de prata” para os problemas enfrentados na sala de aula. Ao migrar da perspectiva dos sentidos para uma mais analítica, algo importante chama-me a atenção: Como pode uma teoria educacional tão robusta nascer de uma ideia que parece ser tão simples, e ao mesmo tempo tão acessível?

Todos nós, professores e pesquisadores da educação matemática, nos encontramos num processo de aprendizagem que parece infinito. Para ensinar, aprendemos. Para produzir ciência, também aprendemos. Mas, como aprendemos? Como mobilizamos nossos recursos físicos e mentais para alcançarmos nossos objetivos de aprendizagem, que são empreendidos de maneira intencional? Essas questões chamaram a atenção de Papert, que passou a contemplá-las em suas pesquisas, talvez como o principal recurso para compreender como as pessoas aprendem, e como podem aprender usando um computador: “Quando entendi como fazê-los, após muitos e muitos fracassos, permiti-me um pouco de orgulho, mas então comecei a preocupar-me como isso aconteceu. Em um dia eu não conseguia fazê-los e no outro conseguia! O que mudara?” (PAPERT, 2008, p. 41).

Papert relata um dos episódios em que se dedicou a aprender algo, fazer *croissants*. Seu empenho em aprender, é claro, teve uma motivação intrínseca: queria aprender. Esse processo aconteceu como a maioria dos processos de aprendizagem, de forma incremental, alternando entre pequenos sucessos e fracassos, até resultar no sucesso final. Ele conseguiu! Mas só aprender não foi suficiente. Ele queria mais: compreender como ele aprendeu. Suas reflexões o levaram a perceber que suas “brincadeiras” culinárias precisavam usar sua sensibilidade corporal, seu tato, para cozinhar melhor suas *croissants*. Então, começou a aplicar sua técnica sensorial sempre que iniciava uma nova receita, pois sempre que tentava “depois de um intervalo de vários anos o ‘jeito’ sempre retorna por volta da segunda fornada” (PAPERT, 2008, p. 42).

Observar a própria aprendizagem para compreender e aprender sobre esse processo foi uma fonte de ideias para suas teorias. Combinar modos infantis e adultos de aprendizagem foi a estratégia que sustentou a construção do ambiente Logo, por exemplo. Ali, as crianças podem

brincar de se colocar no lugar da tartaruga enquanto exploram e aprendem ideias matemáticas, e ao mesmo tempo, reconhecerem-se como exploradores, pensadores, matemáticos e produtores de conhecimento. Podem acessar suas ideias, representadas de forma concreta através dos programas construídos, e assim refletir sobre elas, reconhecer suas estratégias de aprendizagem, e aprimorá-las. Podem se identificar com a maneira típica de se produzir ciência, dar forma a sua identidade e autonomia intelectual. E por fim, aprender matemática.

Estude seu próprio processo de aprendizagem é um dos princípios apresentados por Papert(2008) como um poderoso método para melhorar a aprendizagem. As histórias de aprendizagem trouxeram à tona outros princípios relacionados a esse, e que Papert (2008) enxergou estudando sua própria aprendizagem: “‘assumir a responsabilidade’, ‘identidade intelectual’ e ‘apaixonar-se’, desempenharam idêntico papel no meu pensamento, como resultado direto de observar a mim mesmo quando pareci estar voando intelectualmente” (PAPERT, 2008, p. 41).

Isso implica reconhecer que a criança pode assumir o controle do processo enquanto aprende, e de forma deliberada e intencional, acessar as ideias e pensamentos, escolher o estilo mais adequado ao processo, refletir sobre eles, corrigi-los quando necessário. Significa também que o aprendiz consegue levar-se suficientemente a sério em seu empreendimento pessoal, buscando conhecimentos, ideias, estratégias e recursos para obter êxito. Ao fazer isso, damos a oportunidade para que o aprendiz assuma “o comando do seu próprio desenvolvimento, algo que é necessário não apenas para aqueles que decidiam se tornar pensadores de vanguarda, mas para todos os cidadãos em uma sociedade na qual os indivíduos têm que definir e redefinir seus papéis ao longo de toda a vida” (PAPERT, 2008, p. 37). Portanto, algo deve estar enraizado na mente dos educadores: “Saber que se pode exercer repetidamente a escolha de dar forma à própria identidade intelectual pode ser a ideia mais fortalecedora da autonomia que alguém possa atingir” (PAPERT, 2008, p. 121).

Neste momento de nossas reflexões teóricas, temos em mãos as ideias de Papert sobre suas concepções epistemológicas e de aprendizagem. Partiremos agora rumo a compreensões sobre como Dewey apresenta sua filosofia da experiência, construída para fundamentar sua perspectiva de educação fundamentada no conceito de experiência.

3.2 - A Filosofia da Experiência de John Dewey

A ideia de se elaborar uma nova filosofia da educação, sobre a qual novas concepções e práticas pudessem ser construídas, surgiu num cenário de veemente rejeição às ideias da escola tradicional, a qual tinha um objetivo bem definido: “preparar o jovem para as suas futuras

responsabilidades e para o sucesso na vida, por meio da aquisição de corpos organizados de informação e de formas existentes de habilitação, que constituem o material de instrução” (DEWEY, 1976, p. 4-5). *Aprender* nesse contexto significa apenas adquirir ou memorizar o conhecimento já pronto e inserido nos livros, um conhecimento estático, um produto cultural acabado de sociedades passadas que se supõem semelhantes às atuais e futuras. E *ensinar*, o processo de transmissão de um conteúdo concebido como um alimento educativo da sociedade.

A escola progressiva surge em oposição extrema à visão tradicional, se posicionando contra o que chamava de controle externo à liberdade da criança, pois “Impõe padrões, matérias de estudo e métodos de adultos sobre os que estão ainda crescendo lentamente para a maturidade” (DEWEY, 1976 p. 5-6). Como forma de reação, a escola progressiva prega uma prática educativa cujas ações deveriam se opor às tradicionais de forma extrema, preconizando a expressão e o cultivo da individualidade, a atividade livre, o aproveitamento máximo das oportunidades do presente, o contato com situações reais do mundo em mudança, e a aprendizagem pela experiência como um meio de alcançar um fim pessoal e vital do aluno (DEWEY, 1976).

Nessa perspectiva de negação, as escolas progressivas tendiam a não valorizar o conhecimento já produzido e acumulado pelas sociedades, como não possuindo qualquer valor para o processo educativo. Como consequência direta, consideravam que a educação deveria se interessar apenas pelo presente, e ser orientada pelos interesses imediatos das crianças. No entanto, Dewey (1976) vislumbrava possibilidades de um direcionamento efetivo desenvolvido pelos adultos sobre o processo de aprendizagem das crianças, bem como valorizava o conhecimento científico sob uma perspectiva pragmática, entendendo a educação como uma oportunidade para relacionar ciência e vida. Neste contexto, resolve construir sua filosofia da educação com princípios e práticas educativas fundamentadas no conceito de experiência.

3.2.1 - O conceito de Experiência Educativa e os princípios do *continuum* experiencial e da interação

Diante de um cenário de embates pouco propositivos, Dewey (1976; 1979) buscou compreensões sobre a ideia que parecia à época ser de consenso geral entre os educadores progressistas, de que “há conexão orgânica entre educação e experiência pessoal, estando, portanto, a nova filosofia de educação comprometida com alguma espécie de filosofia empírica e experimental” (DEWEY, 1976, p. 13). Fazia-se necessário, portanto, identificar os problemas oriundos das práticas tradicionais e pô-los diante do que se entende por experiência para compreendê-los sob essa perspectiva.

Experiência é concebida por Dewey como o dinamismo reativo de acontecimentos, de modo que cada ação vivida, experienciada, tem efeito para agir e reagir sobre outras relacionadas. Anísio Teixeira em Westbrook et al. (2010), toma para si essa concepção ampla afirmando que “nosso conceito de experiência, longe, pois, de ser atributo puramente humano, alarga-se à atividade permanente de todos os corpos, uns com os outros” (WESTBROOK et al., 2010, p. 33). Assim, o conceito de experiência contempla a própria ação, que pode ser humana ou da natureza, um evento ou acontecimento cósmico, e o dinamismo produzido por ela e pelas reações provenientes de outras ações relacionadas que sofrem e reagem a seus efeitos (WESTBROOK et al., 2010). No entanto, quando se refere às experiências humanas, “o agir e reagir ganham mais larga amplitude, chegando não só à escolha, à preferência, à seleção, possíveis no plano puramente biológico, como ainda à reflexão, ao conhecimento e à reconstrução da experiência” (WESTBROOK et al., 2010, p. 34). Experiência é, portanto, “uma fase da natureza, é uma forma de interação, pela qual os dois elementos que nela entram – situação e agente – são modificados” (WESTBROOK et al., 2010, p. 34).

Considerando que as experiências acontecem no curso da vida, a filosofia da experiência de Dewey (1976) enfatiza aquelas que produzem um *efeito educativo*, e que portanto podem ser desenvolvidas e aproveitadas no ambiente escolar para propósitos educacionais de ensino e de aprendizagem de conhecimentos científicos. Experiência e educação não são termos equivalentes, ao contrário, algumas experiências são consideradas sem valor educativo. Por exemplo, na educação tradicional existem experiências de aprendizagem, mas são consideradas defeituosas, sobretudo do ponto de vista de suas conexões com experiências futuras pois “Quantos estudantes, por exemplo, se tornam insensíveis às ideias e quantos perdem o ímpeto por aprender, devido ao modo por que experimentam o ato de aprender?” (DEWEY, 1976, p. 15). Logo, se faz necessário cuidar do caráter de uma experiência, o qual possui um aspecto *imediato* de ser agradável ou desagradável, e um aspecto *mediato* que procura reconhecer sua influência sobre experiências posteriores. Assim, a tarefa do educador é “dispor as coisas para que as experiências [...] não sejam apenas imediatamente agradáveis mas o enriqueçam e, sobretudo, o armem para novas experiências futuras” (DEWEY, 1976, p. 16).

Reconhecendo que “Independentemente de qualquer desejo ou intento, toda experiência vive e se prolonga em experiências que se sucedem” (DEWEY, 1976, p. 16-17), como desenvolver experiências educativas que irão influenciar de modo frutífero e positivo sobre as experiências subseqüentes? Nessa missão cabe ao professor considerar dois princípios que

fundamentam a educação baseada na experiência: o *princípio do continuum experiencial* (PCE) e o *princípio da interação*.

O PCE se aplica para discriminar entre *experiências educativas* e *experiências sem valor educativo*. Significa que “toda e qualquer experiência toma algo das experiências passadas e modifica de algum modo as experiências subsequentes” (DEWEY, 1976, p. 26). Esse efeito se explica, pois, toda experiência transforma quem participa dela, e essa pessoa transformada, sendo diferente daquela que passou pela experiência anterior, agora passa por uma nova experiência. Logo, a transformação anterior impacta tanto a pessoa pela qual passa, quanto as experiências futuras, pois é outra quem passará por elas.

Paralelamente ao aspecto subjetivo da experiência, aquele que se passa no interior do sujeito da experiência e que sofre transformações de atitudes, desejos e propósitos, temos o aspecto objetivo e que tem efeito sobre as condições objetivas em que as experiências se passam. As condições objetivas são aquelas externas ao sujeito e que fazem parte de sua experiência, pois há “fontes fora do indivíduo que a fazem surgir. E essas nascentes a alimentam constantemente” (DEWEY, 1976, p. 31).

A fim de estabelecer as relações entre as condições subjetivas e objetivas em uma experiência, surge o *princípio da interação*, que define o modo como as duas classes de condições interagem dentro de uma experiência. Ele define uma *relação interativa equilibrada*, atribuindo direitos de ação e reação iguais a ambas, que em conjunto formam uma *situação*. O sujeito que aprende vive num mundo concreto participando de diferentes situações, nas quais interage com outras pessoas e objetos no mundo. Logo, *situação* e *interação* são conceitos inseparáveis um do outro, de modo que é na *situação* onde a experiência se constrói e se desenvolve, através da qual as *interações* entre condições objetivas e subjetivas acontecem (DEWEY, 1976). Assim, o ambiente inclui as condições externas ao sujeito e proporciona a interação entre elas e as necessidades, desejos, aptidões e projetos do aprendiz que constrói a experiência em curso. É uma experiência assim o é pois um processo interativo está acontecendo entre um indivíduo e seu ambiente, o que pode se dar num mundo físico ou imaginário, pois “Mesmo quando a pessoa imagina castelos no ar, está em interação com os objetos que sua fantasia constrói” (DEWEY, 1976, p. 37). Para os propósitos de nossa pesquisa, esse mundo se amplia para contemplar também os ambientes virtuais onde os micromundos serão construídos através dos projetos de programação.

A articulação entre o PCE e o princípio da interação garante a *unidade do processo*, o que Dewey (1976) chama de *experiência*, formada por cada situação individual, e que depende

da qualidade de cada situação, da aplicação sobre ela do princípio da interação, e da observância do princípio da continuidade sobre o processo para possuir ou não a qualidade de *educativa*. A articulação ativa entre os princípios da interação e continuidade garantem o valor educativo da experiência, de modo que só é educativa a experiência que satisfaz essa integração (DEWEY, 1976). Neste sentido, temos como um dos objetivos de pesquisa observar como agem os princípios da interação e do *continuum* experiencial quando experiências são desenvolvidas num ambiente digital para os propósitos de uma aprendizagem pela construção de significados matemáticos e computacionais.

Considerando o importante papel das condições subjetivas dentro de uma experiência educativa, o conceito de *propósito* surge como elemento chave (DEWEY, 1976; WESTBROOK et al., 2010). Um *propósito* tem início por um *impulso*, que se converte em *desejo* quando contido logo que surge. Por exemplo, uma criança pequena tem o impulso de colocar seu dedo no interior de uma tomada. Se suas ações forem motivadas apenas pelo impulso, o resultado provável será um choque elétrico. Mas, se ao contrário contiver suas ações, o impulso irá se transformar num simples desejo não satisfeito. Nem um nem outro é um propósito, o qual é concebido como *um fim em vista quando se considera e planeja as consequências resultantes de ações*. As consequências são previstas pela *operação da inteligência após a observação e identificação das condições objetivas*. Isso é o que fazemos, quando, por exemplo, desejamos atravessar uma avenida: temos que parar, olhar e ouvir (DEWEY, 1976).

O pensamento reflexivo é o elemento que traz inteligência a uma experiência educativa. Ele é mobilizado para *compreender* os significados do que é percebido pelos sentidos através da *observação*. Ou seja, com base no que percebemos usando nossos sentidos, quais são as consequências de determinadas ações? Quando se consegue relacionar as observações a seus significados, identificando e planejando as consequências resultantes das ações impulsivas, dizemos que *a situação foi compreendida* (DEWEY, 1976). No exemplo anterior, a criança diante de uma tomada numa experiência futura será capaz de compreender o significado que para si construiu em experiências anteriores: *algo capaz de produzir um choque elétrico*, sem a necessidade de vivenciar na prática essa ação.

Tomar consciência sobre as consequências sem a necessidade da ação que as produzem só é possível a partir de experiências anteriores. Quando essas são muitas a ponto de tornar a experiência em curso comum, não precisamos empreender um processo reflexivo com o objetivo de buscar apoio para a construção da significação. Dizemos que o significado da

situação já pode ser apreendido ou percebido diretamente. Ao contrário, em situações incomuns o aprendiz precisará recorrer à memória buscando experiências similares para refletir sobre elas, procurando por similaridades entre experiências anteriores e a em curso, para a partir da reflexão construir a significação do que observa e as consequências relacionadas às possíveis ações para a experiência atual (DEWEY, 1976). Dizemos então que o significado da situação será apreendido de modo indireto através de um processo reflexivo. Eis aqui a forma como a *observação e memória* se relacionam sob a ação do *pensamento reflexivo* para a construção da *significação*, e baseado em suas compreensões construir seu propósito, o que implica planejar as ações e suas consequências durante o desenvolvimento de uma experiência. Esse seria então o papel da *inteligência* ou do *pensamento reflexivo* no decurso de uma experiência: *adiar e orientar as ações mediante a aplicação da observação e reflexão sobre as condições objetivas percebidas*.

No contexto de nossa pesquisa, temos que o propósito de uma experiência é construído pela própria criança a partir de uma ideia que a impulsiona a construir um projeto de programação no Scratch. De início, a ideia gera nela um desejo, uma motivação, que se transforma em propósito quando passa a agir, observar, lembrar e refletir sobre suas ações e sobre os *feedbacks* recebidos do ambiente de programação. Assim, investigamos nos dados produzidos pela pesquisa de campo as possibilidades de construir propósitos para uma experiência educativa através de projetos de programação construídos no Scratch com o objetivo de oportunizar a construção de significados matemáticos e computacionais para os conceitos envolvidos em seus projetos.

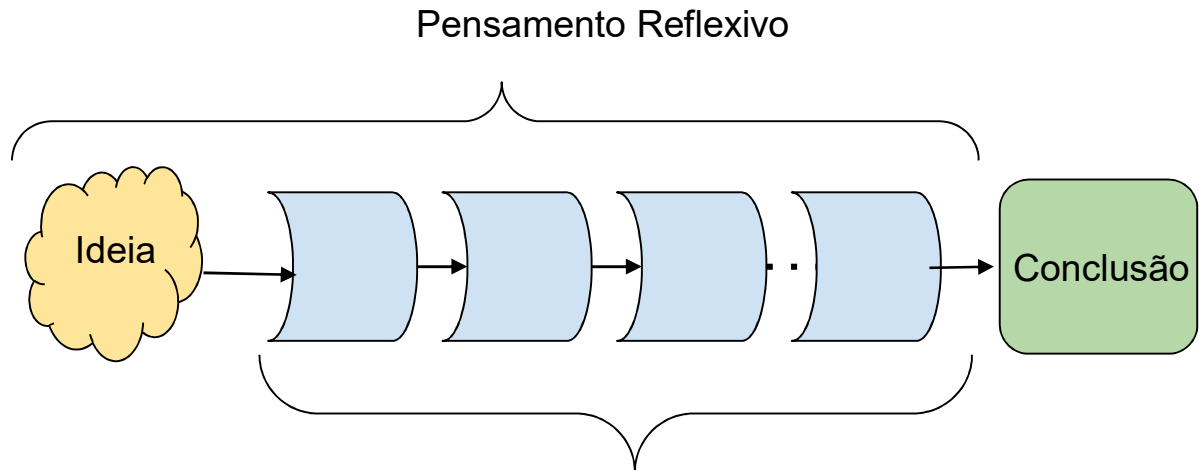
Considerando a importância da reflexão neste processo de construção de propósitos e de construção de significados em uma experiência educativa, precisamos nos debruçar sobre as ideias de Dewey relacionadas ao conceito de *pensamento reflexivo*, para na Seção 4 construir possíveis relações entre ele e o pensamento computacional e investigarmos nos dados como age e se entrelaçam em uma experiência educativa desenvolvida num micromundo computacional.

3.2.3 - O papel e o valor do pensamento reflexivo em uma experiência educativa

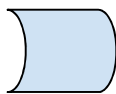
O pensamento reflexivo (PR) consiste num ato de pensar que examina mentalmente o assunto dando-lhe consideração séria e consecutiva, no sentido de considerar a sequência e cadeia consequencial entre as diferentes partes do pensamento. Mobilizá-lo significa ter a capacidade de examinar essa cadeia de termos de pensamentos de modo a identificar a ordem consequencial entre eles, uma parte servindo como consequência de outra, e ao mesmo tempo se apoiando em sua antecessora. A organização consequencial deve ser tal que forme uma

sequência lógica em que cada termo do pensamento sustente um outro, com vistas a construir uma conclusão (DEWEY, 1979). A Figura 2 ilustra o pensamento reflexivo construído como uma cadeia consequencial de termos de pensamento.

Figura 2 - Representação de uma cadeia da consciência organizada de acordo com uma ordem consequencial e lógica para formar um pensamento reflexivo.



Cadeia da consciência, formada pela ordenação consequencial de termos do pensamento

 termo de pensamento

Uma característica fundamental do PR se refere a sua aspiração em chegar a uma *conclusão*. Ele traz consigo um propósito que orienta o curso de ideias rumo a uma conclusão elaborada para além do fluxo de ideias, ou exterior à corrente de pensamentos, assim como ilustrado pela Figura 2. Ou seja, o fluxo de termos de pensamento produz algo a mais, algo além desse concatenado de ideias, produz e exterioriza uma conclusão (DEWEY, 1979). Ora, não é assim que agimos e pensamos quando identificamos, formulamos e resolvemos um problema matemático? Construir sua solução é o alvo, sobre a qual precisamos pensar, refletir, nos colocar numa situação de pensamento organizado, empenhar uma tarefa de controlar e organizar nosso fluxo de ideias rumo a um objetivo bem definido, qual seja, solucionar o problema a contento. Logo, o PR concebido dessa forma interessa aos propósitos da educação matemática, quando esta tiver o objetivo de proporcionar o desenvolvimento da inteligência do ser humano para a vida, o que pode ser desenvolvido através da compreensão, identificação e resolução de demandas cotidianas mobilizando-se o PR.

A aprendizagem matemática sob a perspectiva de uma educação pela experiência pode ser iniciada a partir de um pensamento concebido como crença do tipo “penso que é assim”. Este pensamento pode iniciar um movimento de busca por novas compreensões em torno do

que se acredita. Quando isso acontece, temos o início de um “estudo cuidadoso e extensivo, a ampliação intencional da área de observação, no raciocínio sobre as conclusões de conceitos alternativos para verificar o que resultaria da adoção de uma ou outra crença” (DEWEY 1979, p. 18). Neste sentido, a pessoa é levada por sua crença inicial, que pode ser chamada de *ideia sugerida* ou *intuição*, a construir um fluxo ordenado de ideias motivado por um propósito que mede e controla esse processo cognitivo, o qual é planejado e desenvolvido mediante a aplicação de exame pessoal, pesquisa e investigação (DEWEY, 1979).

Neste contexto, como ensinar nossos alunos a desenvolver o hábito do pensamento reflexivo para o propósito de uma aprendizagem de matemática pela experiência educativa? Buscar respostas para esta questão nos leva a compreender como nasce e se desenvolve o pensamento reflexivo numa experiência educativa, com o objetivo de firmar nosso olhar para compreender como o PR e PC agem e se articulam numa experiência computacional educativa. Para tanto, seguimos estudando as etapas que constituem o PR de acordo com Dewey (1979).

3.2.4 - As etapas do Pensamento Reflexivo

O processo de aprendizagem pela experiência começa com uma curiosidade ou interesse em desenvolver um projeto pessoal que engaja o estudante numa sequência de ações. Disso, surge um propósito, que é construído quando o desejo e o impulso por fazer algo dá lugar a um plano para alcançar um objetivo, o qual prevê tanto as ações quanto suas consequências (DEWEY, 1976). Barbosa e Maltempi (2023a) discutem uma correspondência entre o conceito de propósito de Dewey (1976) e de projeto pessoal de Papert (1985), concebendo um projeto de programação como um propósito de uma experiência matemática educativa.

Durante o desenvolvimento desse projeto rumo a um propósito, dúvidas ou problemas podem surgir, pois o processo necessário para desenvolvê-lo pode vir acompanhado ou permeado por dificuldades ou problemas inesperados. Conforme surgem, interrompem o fluxo de ações previstas para alcançar o propósito. No entanto, a intenção de continuar persiste. O que fazer? Surge a necessidade de empenhar-se em um processo reflexivo, buscando compreender do que trata a dúvida ou o problema, cuja solução se faz necessária para permitir a continuação do percurso rumo ao propósito (DEWEY, 1979).

Logo, o pensamento reflexivo nasce quando uma pessoa, enquanto desenvolve seu projeto, se depara com dificuldades, dúvidas ou problemas que permeiam o processo, e para continuar precisa refletir para compreendê-los e resolvê-los. Para tanto, precisa empreender um processo investigativo em que o PR servirá como elemento essencial para estabelecer ordem e consecutividade sobre a sequência de ideias. Assim, o PR consiste tanto na cadeia consecutiva

de ideias que surgem à mente quanto no processo investigativo iniciado a partir delas, sendo formado por dois momentos principais: i) um estado de dúvida, hesitação, perplexidade, dificuldade mental que origina o ato de pensar, e; ii) um movimento rumo a uma investigação, uma pesquisa para encontrar material que sirva de evidência para clarear ou resolver a dúvida.

O PR pode ainda ser compreendido com mais detalhes em função de seis etapas que o constituem:

1 - A sugestão

A primeira delas é chamada de *sugestão*. “Dada uma dificuldade, a fase imediata é a sugestão de algum meio de sair dela” (DEWEY, 1979, p. 24-25), de modo que ideias de possíveis soluções ou explicações para a dúvida ou problema começam a brotar na mente de quem pensa.

Quando se percebe diante de uma situação de perplexidade, análoga a uma já vivenciada antes, relações são estabelecidas entre o já conhecido e o que se apresenta como novo na experiência em curso. Algo presente na situação atual se apresenta como familiar, o que viabiliza essas conexões. O que está diante da pessoa, a situação que consegue observar e perceber pelos sentidos, a conduz a uma ideia que não está fisicamente presente na situação. A *sugestão* é, portanto, *uma ideia sobre algo que não está presente na situação atual, uma sugestão de como sanar a dúvida ou o problema, sobre a qual precisa-se resolver ou concluir sua validade para o problema em suspenso* (DEWEY, 1979).

Percebemos neste momento a primeira implicação para uma aprendizagem matemática que se desenvolve no decurso de um projeto pessoal motivado por um propósito: as situações vivenciadas suscitam ideias, são fonte de sugestões sobre como compreender e resolver problemas que permeiam todo o processo, engajando o aprendiz em seu processo de investigação rumo ao propósito, o que contraria o modelo instrucional de uma aula tradicional de matemática que espera dos alunos a “resposta correta” como solução.

2 - Intelectualização do Problema

Os problemas que permeiam o projeto pessoal não se apresentam de pronto, mas vão surgindo durante seu desenvolvimento e aos poucos sendo compreendidos, de modo que carecem de definição mais precisa para serem compreendidos. Isto acontece na etapa da *intelectualização*, durante a qual, aos poucos, “se vai localizando e definindo a dificuldade; já se vai tornando um verdadeiro problema, alguma coisa intelectual, não apenas um aborrecimento por termos sido interrompidos no que fazíamos” (DEWEY, 1979, p. 113).

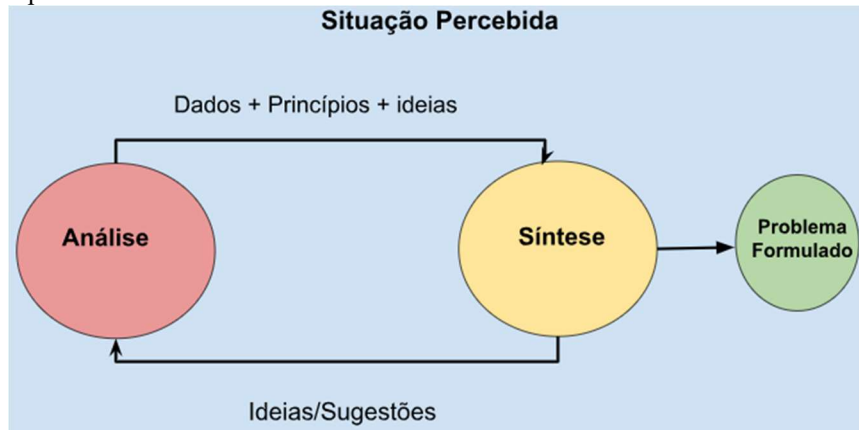
A *intelectualização do problema* corresponde à sua *formulação* que considera o desafio a ser vencido, as sugestões iniciais que surgem à mente como possíveis soluções, as condições da situação que se relacionam a ele, as memórias de experiências passadas que se conectam à experiência em curso, o conhecimento e princípios já aprendidos e que podem ser aplicados para construir sua solução. Para tanto, o PR precisa identificar e selecionar todas as condições objetivas relacionadas ao problema provenientes da observação ou da memória do aprendiz, para aplicar sua capacidade de análise sobre o que observa e lembra para pôr em relevo, dentre os muitos fatos e dados, aqueles que se relacionam ao problema e podem ser utilizados para construir sua solução. Também aplica a análise para filtrar do conjunto de ideias sugeridas aquelas que possuem uma relação real com o problema, evidenciada pelas condições observadas (DEWEY, 1979).

Os dados, fatos e ideias destacados pela análise precisam ser relacionados com o objetivo de dar forma ao problema. Para isso, o pensamento reflexivo aplica sua capacidade de síntese para construir relações entre as sugestões e as condições objetivas observadas e lembradas correspondentes (DEWEY, 1979). A Figura 3 ilustra a aplicação dos processos de análise e síntese pelo PR para destacar o que importa da situação e da memória e para construir as relações entre os dados, fatos e ideias sugeridas, respectivamente.

As relações construídas pela síntese resultam na intelectualização do problema, o qual assume um formato mais definido e preciso para ser melhor compreendido. Para nós também poderia ser chamado de *Formulação do Problema*, conforme a Figura 3, pois o produto dessa etapa é um problema formulado.

A etapa de intelectualização traz outra implicação para o processo de aprendizagem de matemática: a formulação do problema acontece pelo próprio aprendiz, que se dedica a um processo investigativo através do qual aplica sua capacidade de análise e de síntese para destacar pela análise e construir relações entre fatos, dados e ideias sugeridas pela síntese. Essa perspectiva difere do que Dewey (DEWEY, 1979, p. 112) chama de “tarefas marcadas”, por serem apresentadas prontas, inteiramente formuladas, livres de uma situação ou um contexto que lhe atribua um significado, características essas do conjunto de atividades ou “situações problemas” propostas numa aula tradicional de matemática.

Figura 3 - Relação entre os processo de análise e síntese que acontecem durante o processo de intelectualização do problema pelo pensamento reflexivo.



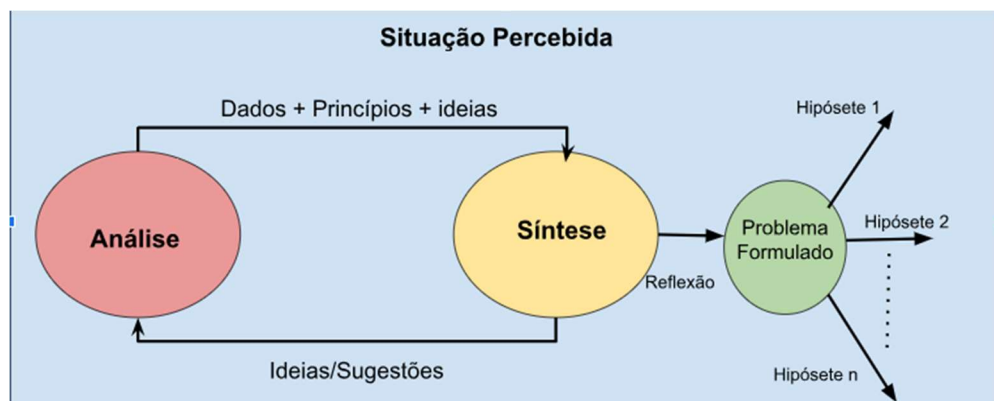
Fonte: elaborada pelo autor.

3 - A hipótese ou ideia-guia

Até aqui temos um problema formulado, mas apenas sugestões ou ideias iniciais sobre como resolvê-lo. Nesta etapa do pensamento, as sugestões de solução precisam ser definidas e relacionadas aos fatos e dados observados e lembrados. O processo mental responsável pela construção dessas relações é chamado de *inferência*, a qual é realizada pelo raciocínio, que toma as ideias sugeridas, os dados, fatos, conhecimentos e princípios já aprendidos como materiais, para construir mútuas relações entre si, gerando como resultado um conjunto de *hipóteses* para a solução.

Cada sugestão gera uma hipótese candidata à solução, a qual consiste na sugestão inicial transformada pelo exame do problema definido na etapa anterior. A Figura 4 ilustra o processo de construção de hipóteses de soluções pela inferência a partir da reflexão sobre o problema formulado.

Figura 4 - Processo de inferência desenvolvido para construir as hipóteses de soluções a partir de cada sugestão inicial.



Fonte: elaborada pelo autor (2023).

Para nós, o processo de inferir possíveis soluções para o problema a partir de uma investigação da situação dá ao aprendiz a oportunidade de construir hipóteses com criatividade, com base naquilo que observa na situação em curso e naquilo que resgata de sua memória proveniente de suas experiências anteriores. Permite-lhe relacionar aquilo que vivencia na experiência atual ao que já aprendeu, construindo assim novos conhecimentos, os quais poderão ser generalizados para serem aplicados em outros contextos para resolver diferentes problemas, mas que possuem algum tipo de relação com o atual.

4 - O raciocínio, no sentido mais estrito

As hipóteses de solução precisam passar por uma etapa de verificação que pode acontecer em dois momentos: em pensamento e pela ação. Em pensamento, cada hipótese é submetida ao *raciocínio* da pessoa, o qual precisa selecionar aquela mais coerente como solução do problema. Uma vez selecionada, precisa ser testada a fim de verificar se todas as relações estabelecidas nas etapas anteriores satisfazem as exigências do problema. Enquanto essa ideia é *posta em prática em pensamento pelo raciocínio*, novas observações são realizadas, o que pode ou não alterar a hipótese inicial.

Novas ideias podem surgir com base nas novas observações dos dados durante a validação da hipótese, por isso, Dewey (1979) chama a hipótese de ideia-guia, o que implica orientar-se por ela “para mais observações, mais fatos, para saber se o novo material é o que a hipótese pretende que seja” (DEWEY, 1979, p. 115). Assim, “a sugestão deixa de ser mera possibilidade, para tornar-se uma probabilidade verificada e, se possível, medida” pelo raciocínio (DEWEY, 1979, p. 115). A Figura 5 ilustra este processo desde a construção das hipóteses pela inferência, que relaciona as diferentes condições objetivas da situação, até a validação dessas hipóteses em pensamento pelo raciocínio.

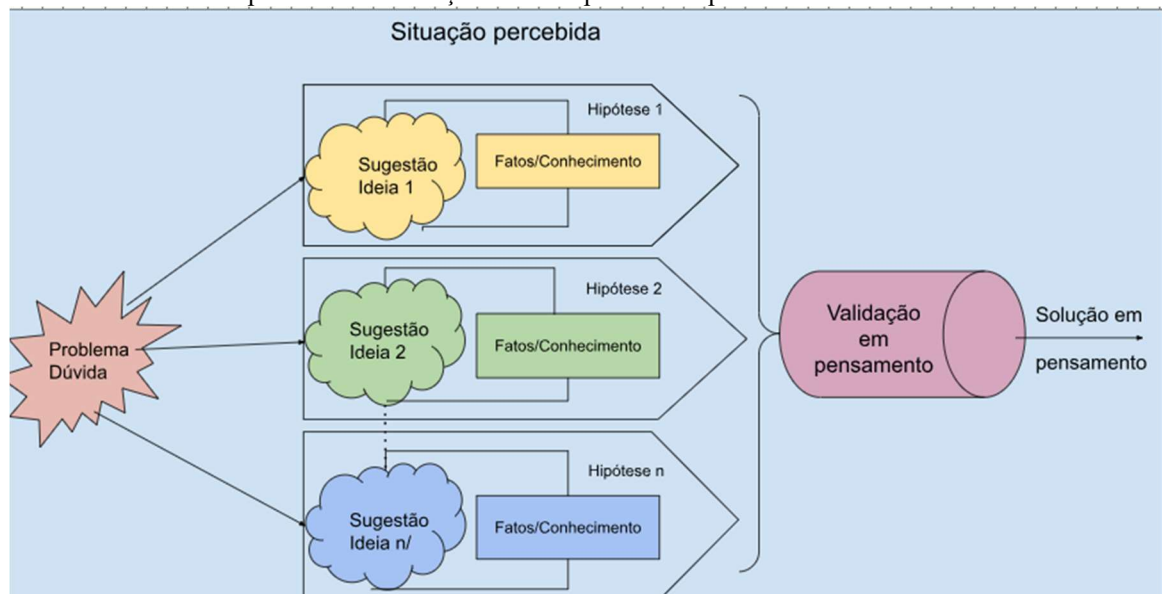
A aplicação do raciocínio para validar uma hipótese em pensamento também é o que se faz para construir e desenvolver o conhecimento formal em matemática, pois relações válidas são construídas entre axiomas e teoremas no campo das ideias. Barbosa e Maltempi (2023b) discutem como o pensamento formal matemático pode ser desenvolvido sobre a conclusão construída pelo pensamento reflexivo, apresentando possibilidades para desenvolver a aprendizagem do formalismo matemático através de experiências educativas.

5- Validação pela ação

A verificação de uma hipótese em pensamento resulta numa resposta que pode confirmar ou rejeitar a hipótese como solução do problema. Se for confirmada, poderá ser submetida a mais uma etapa de validação, chamada de verificação pela ação, em que a solução

é posta em prática por um experimento a fim de verificar se resolve ou não o problema a contento. Esta última etapa consiste numa “espécie de prova, pela ação exterior de corroboração ou verificação experimental da conjectura” (DEWEY, 1979, p. 118), pois o raciocínio produz uma conclusão hipotética, no campo do pensamento, a qual pode ser provada no campo experimental. Se nesta etapa “encontramos todas as condições requeridas pela teoria, e se registramos a ausência dos traços característicos exigidos pelas alternativas competidoras” (DEWEY, 1979, p. 118), poderemos então nos render à conclusão que assumirá valor de crença.

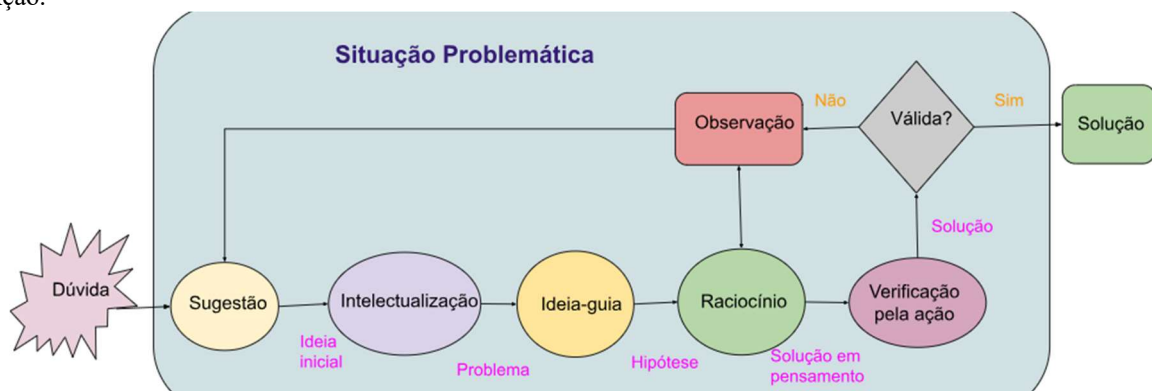
Figura 5 - Processo de construção das hipóteses pela inferência que relaciona sugestões/ideias e fatos/conhecimentos e o processo de validação dessas hipóteses em pensamento.



Fonte: elaborada pelo autor (2023).

Em alguns casos, porém, a ideia não é confirmada, mas sim refutada pela validação prática. E quando percebe-se algum erro, a hipótese precisa ser corrigida. A Figura 6 ilustra o processo de desenvolvimento do pensamento reflexivo através dessas cinco etapas descritas.

Figura 6 - Fases do Pensamento Reflexivo: Sugestão, intelectualização, Ideia-guia, Raciocínio e Verificação pela Ação.



Fonte: elaborada pelo autor.

Uma vez validada em pensamento e pela ação, a hipótese se transformará em solução verificada, e poderá ser consolidada pelo aprendiz como um método disponível para ser aplicado em experiências futuras que possuam alguma relação com a atual. Isso significa que todo o *processo desenvolvido para construir uma solução poderá ser aprendido e sistematizado como um método*. Todas as ações, raciocínio, observações, ideias e novos conhecimentos construídos poderão fazer parte do arsenal de conhecimentos e experiências do aprendiz, os quais estarão disponíveis para serem apreendidos sempre que algo dessa experiência surgir em experiências futuras em forma de uma sugestão.

Após a construção da conclusão pode-se revisitar todo o processo de aprendizagem pela experiência, momento chamado por Dewey (1979) de *organização do conhecimento*, através do qual acontece a revisão de fatos e ideias experienciados na situação para relacioná-los mutuamente sobre uma nova base: não mais com base na sugestão, problema ou hipótese, mas sim sobre a base da conclusão alcançada. Assim, uma vez construída a conclusão, o indivíduo volta-se aos fatos e ideias pelos quais atravessou a fim de organizá-las e relacioná-las à conclusão. Outro processo também tem início a partir da conclusão, o que Dewey (1979) chama de *pensamento formal ou raciocínio formal*, com o objetivo de representar formalmente a conclusão construída através de uma linguagem formal, como por exemplo a matemática. Barbosa e Maltempi (2023b) discutem como se daria a aprendizagem matemática desenvolvida através de um processo investigativo empreendido enquanto o aprendiz está engajado em um projeto pessoal permeado por problemas, durante o qual o formalismo matemático é construído por ele como resultado de mobilizar seu pensamento real reflexivo para resolver esses problemas. Dessa forma, os conceitos matemáticos enquanto objetos de estudo são construídos como resultado de uma aprendizagem matemática pela experiência inteligente, em que o aprendiz faz uso da linguagem matemática formal para representar suas conclusões matemáticas construídas como resposta aos problemas formulados e resolvidos durante suas investigações.

Do discutido, é possível perceber que a possibilidade de ampliar e diversificar as sugestões quando diante de um problema em experiências futuras é uma consequência direta do processo de aprendizagem pela experiência, pois tudo que foi experienciado, aprendido e consolidado em uma experiência poderá servir como fonte de ideias e conhecimentos em experiências futuras. Assim entendemos a ação efetiva do princípio do *continuum* experiencial sobre um processo de aprendizagem formado por uma sequência de experiências que se sucedem, pois cada uma delas transforma o aprendiz, produzindo sobre ele um desenvolvimento

intelectual. Desta forma, perguntamos: como acontece o processo de compreensão orientado pelo pensamento reflexivo? Caminhemos para o que Dewey (1979) assenta sobre esse tema na seção posterior.

3.2.5 - A aprendizagem pela apreensão e compreensão de significados e a redefinição dos termos *concreto e abstrato*.

Para os propósitos de nossa pesquisa, nos interessa compreender como Dewey apresenta o processo de aprendizagem pela experiência através da construção de significados pelo aprendiz para assim investigar como a aprendizagem matemática pode acontecer quando as experiências educativas são desenvolvidas através da construção de projetos de programação num micromundo computacional.

Dewey (1979) assenta que o elemento central do pensamento reflexivo é a *construção de significados* para o que é percebido diante de uma situação problemática, processo este que resulta na aprendizagem do que se mostra como novo na experiência do aprendiz através de dois processos distintos: a apreensão e a compreensão (DEWEY, 1979). Frequentemente ouvimos educadores enfatizarem a necessidade de uma “aprendizagem significativa”, mas o que isso realmente significa? No contexto da teoria de Dewey (1979, p.140), “Apreender a significação de uma coisa, de um acontecimento ou de uma situação é ver a coisa, acontecimento ou situação, em suas relações com outras coisas: notar como opera ou funciona, que consequências traz, qual a sua causa e possíveis aplicações”. Portanto, a verdadeira compreensão e aprendizagem ocorrem quando algo é estudado dentro de um contexto que considera suas relações com outros elementos e o todo que o abrange.

O processo de compreensão pode ocorrer de duas maneiras diferentes, dependendo de quão familiar é o objeto para o aprendiz. Na primeira forma, o objeto e seu significado coincidem, resultando em uma compreensão direta e imediata: o aprendiz apreende e compreende o significado do que percebe (DEWEY, 1979). Por exemplo, quando uma criança ouve a palavra “adição”, ou vislumbra seu símbolo matemático (+) em uma operação, o significado da palavra ou do símbolo matemático pode ser imediatamente construído e relacionado a uma situação em que a operação de soma é aplicada para resolver um problema, por ser essa operação já conhecida e familiar à criança.

Na segunda forma, o objeto e seu significado estão dissociados, e ao percebê-lo, não se consegue compreender imediatamente seu significado: o aprendiz apreende, mas não compreende o que percebe (DEWEY, 1979). Por exemplo, um estudante pode encontrar uma situação problemática envolvendo os conceitos de razão e proporção e não conseguir identificar

a presença dessas ideias no contexto, o que gera uma sensação de falta de compreensão. Compreender o todo da situação implica, em primeiro lugar, compreender as ideias matemáticas envolvidas, e neste caso essa compreensão é considerada indireta e demorada, pois as relações entre as ideias matemáticas e a situação não são imediatamente óbvias e apreendidas pelo aprendiz.

A construção de significados para uma aprendizagem matemática acontece sempre que, quando diante de uma situação problemática, algo não pôde ser apreendido diretamente e precisa sofrer a ação do pensamento reflexivo para ser compreendida. Assim, todo pensamento reflexivo cumpre uma intenção que congrega apreensão e compreensão, pois todo “juízo, toda inferência reflexiva, pressupõe alguma falta de compreensão, uma ausência parcial de significação” (DEWEY, 1979, p. 142). É por isso que empreendemos o pensamento, para compreender algo que ainda não é completamente conhecido. No entanto, “cumpre que alguma coisa já esteja compreendida, que o espírito já tenha dominado alguma significação, pois de outra maneira seria impossível pensar” (DEWEY, 1979, p. 142).

Assim, temos que a compreensão de toda a situação problemática depende da apreensão dos significados que já foram construídos para si em experiências anteriores, e como são apreendidos diante das observações do aprendiz por serem identificados como algo já familiar e conhecido. Portanto, aprender no contexto de uma experiência educativa inteligente implica construir os significados para o que se apresenta como novo e desconhecido através da identificação e apreensão dos significados já conhecidos de modo direto para relacioná-los ao que ainda não se compreende. A construção dessas relações entre o que já se sabe e o que se deseja conhecer é desenvolvida pelo pensamento reflexivo mobilizado enquanto resolve alguma situação problemática (DEWEY, 1979).

Nesse contexto, Dewey (1979) propõe redefinir os termos concreto e abstrato de modo diferente da forma como são compreendidos no contexto escolar tradicional, relacionando-os à capacidade de apreender significados diretamente ou indiretamente, dependendo do quão familiar a situação se mostra. Algo é considerado *concreto* quando seu significado pode ser apreendido sem esforço e de modo *direto* sem a necessidade de se aplicar um processo de reflexão. Assim, mesmo que algo não seja concreto do ponto de vista de possuir uma existência palpável ou corpórea, se tornam concretos do ponto de vista do significado já aprendido, ou seja, consistem no que chamamos de *concreto pensado* quando são apreendidos de modo direto.

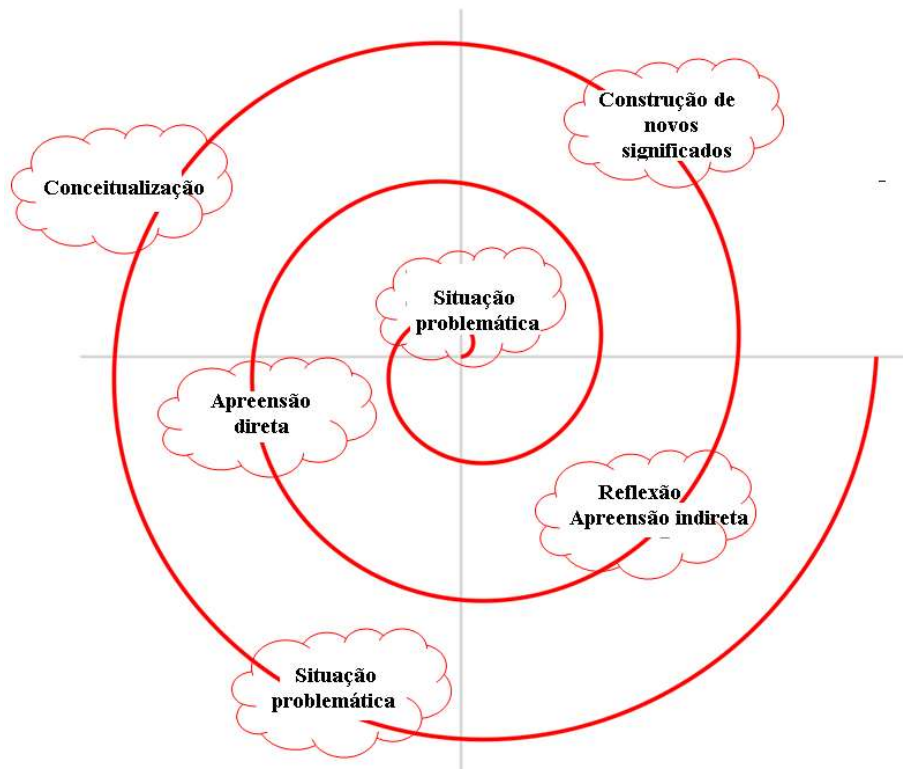
Algo é considerado *abstrato* quando requer *esforço intelectual* para relacioná-lo a significados familiares, o que é feito pela mobilização do pensamento reflexivo. Assim, o

processo de aprendizagem envolve compreender algo que ainda é abstrato para o aprendiz, o que implica empreender seu pensamento reflexivo para “lembrar-se primeiro das coisas que lhes são bem conhecidas, para em seguida efetuar uma lenta transferência de sentido” (DEWEY, 1979, p. 218). A percepção do que é concreto ou abstrato varia de pessoa para pessoa e pode mudar com o tempo, ou seja, não se trata de um atributo inerente ao objeto/fenômeno, mas da *relação existente entre o aprendiz e o objeto estudado* (DEWEY, 1979).

Disso, concluímos que essa concepção impacta o processo de aprendizagem de matemática, pois o foco passa a estar no aluno, em suas relações com o objeto de estudo, e em sua capacidade de relacionar o que já sabe com o que deseja aprender, e não mais no conteúdo matemático. Portanto, discriminar sobre o que é concreto ou abstrato para alguém depende do nível de conhecimento ou desenvolvimento intelectual da própria pessoa. Outra implicação sobre o processo de aprendizagem de matemática recai sobre o papel desempenhado pelo professor, o qual precisa ser capaz de identificar o que, em uma situação problemática, é apreendido diretamente para servir como *suporte concreto* para a construção dos significados matemáticos daquilo que ainda não se conhece e precisa ser compreendido.

A expansão do conhecimento de um aprendiz acontece através de um processo de aprendizagem pela construção de novos significados, a qual é descrita e representada por Dewey (1979) como uma *espiral do conhecimento*, o que entendemos como um *processo de aprendizagem em espiral*, em que aos conhecimentos anteriores se somam e se relacionam os conhecimentos novos. A Figura 7 ilustra a espiral do conhecimento de Dewey desenvolvida em função dos processos de apreensão e compreensão que acontecem durante o desenvolvimento de um projeto, nos momentos em que a criança se depara com uma situação problemática que exige dela a mobilização do pensamento reflexivo para a construção de novos significados.

Figura 7 - A espiral do conhecimento representando o movimento de aprendizagem que acontece através da apreensão direta de significados e pela construção de novos significados através da reflexão.



Fonte: elaborada pelo autor.

Tendo em mente os conceitos de concreto e abstrato do ponto de vista da aprendizagem, cabe agora compreender como a filosofia da experiência de Dewey ressignifica a máxima escolar “partir do concreto para o abstrato”. A escola tradicional compreende essa máxima pensando que “a educação deve dirigir-se das coisas para o pensamento, como se um processo pudesse ser educativo se apenas se utilizasse de objetos, sem que existisse o ato de pensar” (DEWEY, 1979, p. 217). No entanto, Dewey (1979) assenta que todo ato ou interação entre pessoas e uma situação envolve a construção de ideias, significados e inferências através do pensamento reflexivo. Logo, supor uma aprendizagem através da manipulação de coisas desacompanhada do pensamento seria uma forma antinatural de aprender. Temos, então, três aspectos analisados por Dewey (1979) sobre como deveria ser compreendido o processo do desenvolvimento intelectual de uma pessoa partindo do concreto para o abstrato, entendido como um caminho ou percurso que deve partir de um “lugar” concreto para alcançar um “lugar” abstrato.

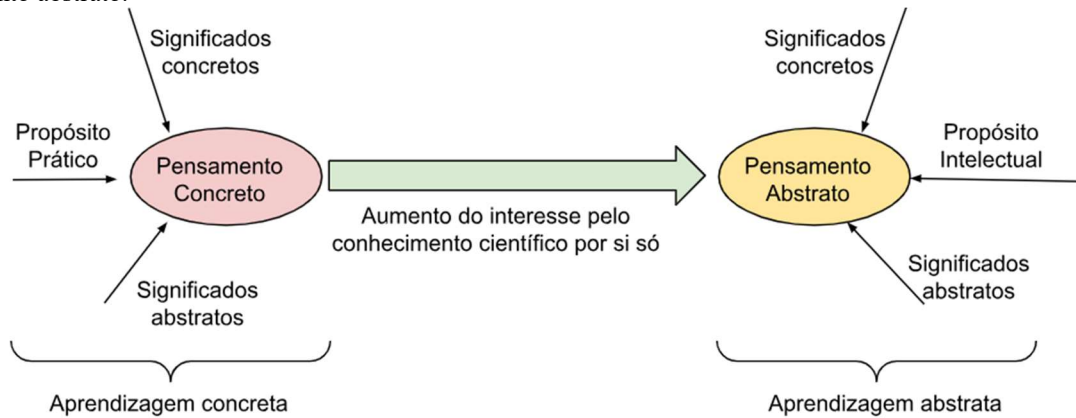
Dewey (1979) define o pensamento concreto como aquele que se concentra e se desenvolve para alcançar objetivos práticos. Portanto, começar pelo concreto significa criar situações de aprendizagem para a construção de propósitos de natureza prática, através das

quais situações problemáticas serão enfrentadas. A natureza dessas situações deve suscitar e viabilizar o pensamento reflexivo: contemplar algo de familiar, conceitos e ideias já aprendidas, e permear o processo de busca pelo propósito com conceitos e ideias desconhecidas e que se deseja ensinar e aprender através de um processo de investigação por parte do aprendiz.

No segundo momento desse percurso do concreto ao abstrato ocorre a transferência do interesse, que tem início num objetivo prático e migra para um interesse em assuntos intelectuais. Ou, parte de um interesse direto pela atividade ou projeto, para estimular o interesse indireto pelo conhecimento e ideias matemáticas relacionadas a esse projeto. Como resultado, “as atividades infantis educativas deveriam ser de tal arte organizadas que exigisse atenção para os assuntos [matemáticos] apenas indireta ou intelectualmente conexos com o ato inicial” (DEWEY, 1979, p. 222), levando o estudante a solicitá-los de forma indireta durante o desenvolvimento de seu projeto, como resultado de um interesse utilitarista. Assim se entende o sentido do verbo *partir* na máxima *partir do concreto: promover o desenvolvimento e alcançar o pleno interesse por assuntos e conhecimentos matemáticos e ideias científicas, partindo do interesse pelas ocupações ou trabalhos que com eles se relacionam* (DEWEY, 1979).

O último momento se trata do destino desse percurso: alcançar o prazer de pensar em função de abstrações. O processo de *partir do concreto para alcançar o abstrato* deve alcançar o abstrato como destino ou *propósito educativo*. Ou seja, o resultado de um processo de aprendizagem com essa natureza é alcançar o pensamento abstrato, compreendido como “interesse pelas questões intelectuais encaradas em si mesmas” (DEWEY, 1979, p. 223), o que significa desenvolver nos aprendizes o prazer de pensar pelo pensar, ou pensar utilizando apenas abstrações como material manipulativo da mente. É fazer com que o aluno perceba e se interesse pelo conhecimento matemático, que antes servia apenas como acessório para alcançar um fim prático e movido pelo pensamento concreto. Barbosa e Maltempi (2023c) apresentam como projetos de programação de jogos no Scratch servem para iniciar os estudos de ideias matemáticas que surgem nos projetos dos estudantes. No início, tais ideias têm seu valor atrelado à sua utilidade no projeto, mas com objetivo de desenvolver nos alunos a aprendizagem, o gosto e interesse pela matemática enquanto conhecimento por si mesmo. Isso significa aproveitar o interesse nato da criança de dar-se a pensar e refletir sempre que algo lhe interessa, para desenvolver esse interesse pelo pensar até alcançar um fim em si mesmo. A Figura 8 ilustra o percurso desenvolvido por um processo de aprendizagem caracterizado pela concepção de Dewey sobre a máxima *partir do concreto para o abstrato*.

Figura 8 - Processo de aprendizagem que se transforma, partindo do pensamento concreto para alcançar o pensamento abstrato.



Fonte: elaborada pelo autor.

A partir da concepção de Dewey para uma aprendizagem que reconhece o percurso a ser desenvolvido partindo do pensamento concreto para alcançar o pensamento abstrato, percebemos que na educação infantil e nos anos iniciais do ensino fundamental existe uma crença excessiva no poder dos materiais manipulativos, como se sua simples presença e manipulação garantisse a construção de significados para além deles mesmos. É crucial, portanto, ressignificar a ideia de pensamento concreto como um processo de pensamento reflexivo que envolve a criança em situações com um propósito prático, e com o objetivo de promover a construção do significado de conceitos matemáticos alvos do estudo, transformando significados vagos e abstratos em significados concretos e definidos. Para os propósitos de nossa pesquisa, nosso interesse está em investigar se e como esse estilo de aprendizagem de matemática acontece quando as crianças estão engajadas em suas experiências educativas num micromundo computacional através da construção de projetos de programação. Para tanto, focamos nosso olhar sobre esse tema durante a análise dos dados buscando compreensões em torno de nossa pergunta de pesquisa.

Daqui, partimos para construir e apresentar possíveis diálogos teóricos entre as ideias de John Dewey e Seymour Papert com o objetivo de construir as lentes teóricas sobre as quais firmamos nosso olhar durante a etapa de análise dos dados, buscando compreensões para nossa questão de pesquisa sobre como acontece a construção de significados matemáticos quando crianças estão engajadas em suas experiências computacionais orientadas pelo pensamento computacional.

CAPÍTULO 4

TECENDO RELAÇÕES ENTRE AS IDEIAS DE SEYMOUR PAPERT E JOHN DEWEY

Esta Seção tem como objetivo estabelecer possíveis diálogos entre as ideias e teorias de Seymour Papert e John Dewey. A escolha por esses autores foi motivada pela sinergia observada entre suas ideias, as quais parecem se enfeixar em suas mútuas relações para sustentar nossa investigação em torno da questão: *Como os pensamentos reflexivo e computacional influenciam a construção de significados matemáticos que partem de ideias intuitivas, durante experiências computacionais educativas construcionistas (ExCEC)?*

As obras estudadas foram elaboradas como resultado das pesquisas acadêmicas de seus autores, mas também como fruto de suas experiências como professores de crianças. Nestas experiências, procuravam observar e compreender como seus alunos pensavam quando engajados numa situação desafiadora. Outro aspecto se refere ao fato de ambos terem se dedicado a observar e compreender a maneira como pensavam diante de diferentes problemas ou demandas cotidianas, as quais foram atualizadas nas ideias de Papert para contemplar o uso e produção de artefatos computacionais.

Seymour Papert foi um matemático, cientista da computação e educador que nasceu na África do Sul em 1928 e ganhou o mundo com suas ideias sobre como usar o computador para transformar a maneira como as crianças pensam e aprendem. Ele foi capaz de antecipar o uso de computadores para educar crianças e estimular sua criatividade. Iniciou sua carreira acadêmica na Universidade de Witwatersrand na África do Sul, onde se formou em filosofia em 1949, seguido por um Ph.D. em matemática em 1952. Desenvolveu um segundo doutorado em matemática na Universidade de Cambridge, no Reino Unido, e depois foi para a Universidade de Genebra, onde trabalhou com o psicólogo suíço Jean Piaget, cujas teorias influenciaram sobremaneira sua perspectiva sobre como as crianças pensam e aprendem (FISHER, 2016).

De lá, partiu para os Estados Unidos, onde se tornou pesquisador no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) em 1963 e, pouco depois, co-diretor do Departamento de Inteligência Artificial. Aplicou as ideias de Piaget enquanto desenvolvia a linguagem de programação Logo (FISCHER, 2016). Papert percebeu que ensinar crianças a programar um

computador era uma forma de permitir que expressassem seus pensamentos enquanto desenvolviam um projeto pessoal, o que poderia contribuir para ampliar e melhorar sua capacidade de aprender conhecimentos científicos e de resolver problemas.

Em 1981, Papert e colaboradores do MIT fundaram a Logo Computer Systems Inc. (LCSI), onde projetou vários programas, incluindo o software educacional LogoWriter e o LEGO/Logo, um kit formado por *software* e componentes de robótica considerado precursor do LEGO Mindstorms. Em 1985, Papert e Minsky se uniram para criar o que mais tarde seria conhecido como MIT Media Lab, e o Grupo de Pesquisa sobre Epistemologia e Aprendizagem, onde trabalhou no desenvolvimento de sua teoria sobre a aprendizagem: o construcionismo. Fundamentado nela, Papert repensou como as escolas deveriam desenvolver sua prática de ensino sob a influência das novas tecnologias na aprendizagem (FISHER, 2016).

John Dewey (1859-1952) foi o principal filósofo norte americano da primeira metade do século XX. Preocupado com demandas relacionadas à educação, se aplicou a refletir sobre muitas das questões que inquietavam os educadores e pesquisadores da educação de seu tempo. Suas primeiras publicações tratavam da psicologia, área ainda em estágio inicial e ligada à filosofia. Seu casamento com Alice, uma professora em escolas de Michigan, impactou sobremaneira a formação de suas ideias pedagógicas. Fato este reconhecido pelo próprio Dewey, ao afirmar que ela deu sentido e conteúdo a seu trabalho. Nessa época, começou a interessar-se pelo ensino público, e foi membro fundador do Clube de Doutores de Michigan, cujo objetivo era promover a cooperação entre docentes de ensino médio e de ensino superior (WESTBROOK, 2010).

Em 1894, tornou-se diretor do Departamento de Filosofia, Psicologia e Educação da Universidade de Chicago, onde coordenou a escola-laboratório ou escola experimental da universidade, lugar onde pôde pôr em prática suas ideias. Outra fonte de inspiração para suas ideias veio da educação de seus próprios filhos, cujos desenvolvimentos foram alvos de observação, levando Dewey a concluir que “não havia nenhuma diferença na dinâmica da experiência de crianças e de adultos. Ambos são seres ativos que aprendem mediante o enfrentamento de situações problemáticas que surgem no curso das atividades que merecem seu interesse” (WESTBROOK, 2010, p. 15). Ainda em Chicago, iniciou seus estudos conjuntos de Filosofia, Psicologia e Pedagogia fundamentados na noção de experiência. A partir de então, passou a defender que Pedagogia deveria se tornar um departamento independente dentro da academia no intuito de formar especialistas em educação, o que conseguiu, tornando-se também o coordenador deste departamento.

De maneira geral, seu trabalho na educação está relacionado ao pragmatismo americano por defender um processo de aprendizagem pela experiência pessoal que articula pensamento e ação, desenvolvendo uma filosofia que advogava a unidade entre teoria e prática (WESTBROOK, 2010). No que diz respeito ao aspecto epistemológico de sua teoria, afirmava a “necessidade de se comprovar o pensamento por meio da ação que se quer ver transformada em conhecimento” (MAYHEW; EDWARDS, 1965, p. 464). É também considerado uma das principais referências da educação progressiva em âmbito internacional. Contribuiu para a Educação Matemática ao publicar o livro *The psychology of number* (1895), em coautoria com o educador canadense James Alexander McLellan. Atuou como professor e pesquisador na Columbia University, sendo admitido em 1904 e permanecendo lá até sua aposentadoria (RABELO, 2016).

As obras de Dewey antecederam as de Papert, o qual faz menção expressa às ideias de Dewey em alguns de seus textos, o que pode indicar não apenas um diálogo entre suas teorias, mas também uma influência de Dewey sobre algumas das ideias de Papert. No livro *A Máquina das Crianças*, Papert (2008) cita Dewey por nove vezes, reconhecendo que já há 100 anos Dewey havia liderado um movimento de educadores que fazia frente aos valores educacionais tradicionais, contextualizando a introdução dos computadores na educação dentro desse movimento de reforma mais amplo e antigo que defendia um “estilo de aprendizagem escolar mais dirigido pelo próprio aprendiz” (PAPERT, 2008, p. 20-21).

A despeito de reconhecer a importante influência das ideias de Dewey sobre a comunidade de educadores, Papert acreditava que a informática agiria, “nas suas várias formas, com uma força persuasiva muito maior do que até mesmo a filosofia de um pensador radical como Dewey” (PAPERT, 2008, p. 21), o que ofereceria novas oportunidades aos novos reformadores da educação, chamados por ele de *Yearners*. Para ele, o que faltou aos reformadores do passado foi justamente os recursos tecnológicos necessários à construção de ambientes de aprendizagem adequados às suas ideias, pois

[...] careciam das ferramentas que lhes permitissem criar novos métodos de forma confiável e sistemática. Dispondo de meios muito limitados, eles foram forçados a confiar demais nos talentos específicos de professores como indivíduos ou em combinação adequada com um contexto social particular. Em consequência, muitas vezes os sucessos obtidos não podiam ser generalizados (PAPERT, 2008, p. 28).

Além disso, em uma dessas citações, Papert resgata uma questão perseguida por ambos em suas obras: “ao tentar ensinar às crianças o que os adultos querem que elas saibam, a Escola utiliza a forma natural dos seres humanos aprenderem em ambientes não-escolares? (PAPERT, 2008, p. 21). A despeito da diferença histórica existente entre suas produções, ambos tiveram

suas experiências docentes registradas na sociedade americana. Além disso, a sinergia observada nos leva a considerar que a obra de Papert parece trazer para seu tempo as ideias de Dewey, pois muitas delas são retomadas sob nova perspectiva, aquela que contempla em seu meio as tecnologias digitais, sobretudo o computador.

Dessa forma, pretendemos nesta seção 4 construir e apresentar as relações entre muitos de seus conceitos e ideias, e como tais relações servem como fundamentação teórica para esta pesquisa. Disso, temos aqui parte dos resultados obtidos, qual seja, a construção da lente teórica sobre a qual nosso olhar esteve firmado durante a etapa de análise dos dados, para buscar compreensões em torno da nossa questão de pesquisa não em conceitos e ideias isoladas de cada teórico, mas sim sobre esse *construto*, que articula e tece possíveis diálogos entre eles. Por fim, vamos apresentar a concepção de Pensamento Computacional aqui adotada, e como o aporte teórico construído pode se relacionar a esse conceito. Para tanto, vamos adotar uma organização do texto que apresenta quais conceitos de ambas as teorias serão discutidos e terão suas relações construídas.

4.1 - A Experiência Educativa inteligente e os micromundos computacionais

Papert (1985) reconhece que se tornou matemático devido a muitas situações que viveu enquanto criança. Por isso, acreditava que se conseguirmos "compreender a *essência das experiências* de uma pessoa, seremos capazes de reproduzir suas consequências de outras maneiras, e em particular esta consequência de ver beleza em coisas abstratas", como a matemática (PAPERT, 1985, p. 25, grifo nosso). Assim como teve seu gosto pela matemática impactado por suas experiências de vida, sobretudo pelas brincadeiras com engrenagens, poderia também acontecer com qualquer criança, desde que tenha a oportunidade de *viver experiências* com esse tipo de essência que pretendia melhor compreender. A essa tarefa ambos os autores se dedicam: Papert através de seus micromundos computacionais; Dewey através de suas experiências educativas inteligentes. Dessa forma, queremos aqui estabelecer uma relação entre os conceitos de micromundo e experiência educativa de tal forma que aquele possa ser concebido como um tipo desta.

Vimos que uma *experiência* é concebida por Dewey (1976) como o dinamismo reativo de acontecimentos, de modo que cada ação vivida, experienciada, tem efeito para agir e reagir sobre outras relacionadas, o que inclui as experiências humanas em que se aplicam a reflexão e o conhecimento. Para assumir um caráter educativo a experiência precisa atender aos princípios do *continuum* experiencial e da interação, de modo que só é educativa a experiência que satisfaz a integração equilibrada entre eles. Além disso, as ações e interações da pessoa rumo a seu

propósito precisam ser guiadas e organizadas pelo pensamento reflexivo, que atribui um caráter inteligente à experiência.

Por outro lado, temos a concepção de micromundo construída por Papert (1985, p. 151): “um ambiente de aprendizagem interativa baseado no computador onde os pré-requisitos estão embutidos no sistema e onde os aprendizes podem tornar-se ativos, arquitetos construtores de sua própria aprendizagem”. E seu objetivo geral para esses micromundos é apresentar como “ideias computacionais podem servir como material para pensar” (PAPERT, 1985, p. 150) quaisquer conhecimentos científicos alvos da aprendizagem, através de um micromundo computacional onde é possível aplicar seus princípios matéticos.

Para alcançar esse objetivo, Papert (1985) apresenta o micromundo da Tartaruga Geométrica como um modelo de como se pode tornar a geometria formal mais acessível à aprendizagem. E apresenta o micromundo Tartarugas Dinâmicas (DinaTart⁶) como um ambiente onde as leis da física de Newton podem ser exploradas, investigadas e compreendidas. Em ambos os casos, fez uso do mesmo ambiente de programação, o Logo, para construir programas tendo a Tartaruga como ator principal, mas inserida num contexto de ideias diferentes: matemáticas e da física. Uma mesma linguagem, mas que contemplava um conjunto de comandos específicos para cada micromundo, utilizados para comunicar ideias e conhecimentos de áreas diferentes, que se tornaram exploráveis e acessíveis graças à possibilidade de aplicação dos princípios matéticos durante o desenvolvimento dos programas.

O micromundo da Tartaruga Geométrica foi criado com o objetivo de servir como um modelo de como a aprendizagem da geometria formal pode acontecer de modo mais natural e sintônico. Em analogia à geometria de Euclides, a Tartaruga representaria o conceito de ponto com seu atributo de localização. Mas, além disso, possui também o atributo da orientação, pois sempre estará voltada para alguma direção. Nisso, a Tartaruga se comporta como uma pessoa, ou um animal: ocupa uma posição e pode estar orientada para o sul, norte, leste, oeste etc. Dessas similaridades surge a habilidade da “Tartaruga de servir como uma primeira representação da matemática formal para a criança” (PAPERT, 1985, p. 78), as quais podem “identificar-se com a Tartaruga e, no processo de aprender geometria formal, são assim capazes de usar o conhecimento sobre seu corpo e de como ele se move” (PAPERT, 1985, p. 78).

Uma experiência no micromundo da Tartaruga Geométrica pode ser assim,

Uma vez que aprender a controlar a Tartaruga é como aprender a falar uma língua, isto mobiliza a *experiência* e o prazer da criança em falar. Uma vez que é como estar em comando, isto mobiliza a *experiência* e o prazer da criança em comandar. Para

⁶ O micromundo DinaTart foi construído por Andrea diSessa, ADELSON, H. diSESSA, A. Turtle Geometry: Computations as a Medium for Exploring Mathematics. Cambridge, MIT Press, 1981.

fazer a Tartaruga desenhar um quadrado, a pessoa deve andar sobre um quadrado imaginário e descrever o que está fazendo, usando a linguagem da Tartaruga. Assim, trabalhar com a Tartaruga mobiliza a *experiência* e o prazer com o movimento. Toda essa *experiência* faz uso de um campo de conhecimento bem familiar à criança, a “geometria do corpo”, um ponto de partida para o desenvolvimento de conexões com a geometria formal (PAPERT, 1985, p. 81, grifo nosso).

Nessa citação, alguns pontos nos chamam a atenção, a começar pelo fato de chamar a ação de construir programas no micromundo da Tartaruga Geométrica de uma *experiência*. Identificamos também um conjunto de elementos característicos de uma experiência educativa de Dewey (1976; 1979): o uso de uma linguagem para construir e comunicar ideias carregadas do que aquilo significa para o indivíduo; a ação de comandar como expressão da responsabilidade intelectual enquanto valor a ser estimulado no aprendiz, e que está relacionado à capacidade de fazer escolhas durante o processo investigativo com base no que se observa e se compreende da situação, contemplando as consequências de cada uma delas; identificar-se com o objeto Tartaruga para desenhar um quadrado imaginário, o que envolve uma ação que precisa ser ordenada pelo pensamento, de modo que a ordem do pensamento se torna concomitante indireto da ordem de ação; fazer uso de um conhecimento familiar como a geometria do corpo envolve a operação de análise para identificar o que é familiar na situação (cada movimento), e assim estabelecer as devidas relações com experiências anteriores (princípio do *continuum* experiencial); mobilizar a geometria corporal como ponto de partida para a geometria formal, o que significa construir significados matemáticos para a situação presente através da apreensão do conhecimento corporal, que é familiar, com o objetivo de compreender e construir os conceitos matemáticos da geometria formal.

Portanto, o objetivo “das primeiras experiências das crianças no ambiente da Tartaruga não é aprender regras formais, mas desenvolver a compreensão (o *insight*) sobre a maneira como elas se movem no espaço” (PAPERT, 1985, p. 81). E essa compreensão “é descrita na linguagem da Tartaruga e assim torna-se um ‘programa’ ou ‘procedimento’ ou ‘equações diferenciais’ para a Tartaruga” (PAPERT, 1985, p. 81). O que também corrobora a ideia de Dewey sobre começar o processo de aprendizagem partindo do pensamento concreto rumo ao pensamento abstrato, enquanto percurso mais natural ao desenvolvimento intelectual de uma criança.

O micromundo DinaTart, foi criado por Papert (1985) com o objetivo de pôr em prática sua filosofia de educação de física: aquela que acredita que “a aprendizagem da física consiste em colocar o conhecimento de física em contato com o conhecimento pessoal bastante diversificado” (PAPERT, 1985, p. 150) dos aprendizes. O que implica reconhecer que cada experiência de aprendizagem é específica, a depender do conhecimento pessoal de quem

aprende. Ora, não é o que pensa Dewey (1979) quando afirma que “pensar é ato específico, não um aparelho mecânico pronto, aplicável, arbitrária e indiferentemente, a todas as coisas” (DEWEY, 1979, p. 53-54), e que exprime “os diversos modos pelos quais as coisas adquirem significação para o indivíduo” (DEWEY, 1979, p. 53)? É específico porque os indivíduos diferem, e “coisas diversas sugerem sua significação peculiar, narram, cada qual, sua própria história, mas de modo bem diferente, conforme a pessoa que as observa” (DEWEY, 1979, p. 54). Assim, cada pessoa pensa em algo diferente mesmo diante da mesma situação, pois únicas são suas experiências passadas e os significados atribuídos à experiência em curso por conta das relações entre o que experimenta e o que já experimentou. O que pode ser aplicado para experiências reais ou virtuais desenvolvidas em ambientes computacionais.

Para que esse estilo de aprendizagem natural e em conexão com o conhecimento pessoal se torne possível, Papert (1985) acredita que “devemos permitir que o aprendiz construa e trabalhe com sistemas transitórios” de conceitos. Ou seja, que iniciem seus estudos partindo do que entendem sobre o conceito, podendo ser algo do senso comum ou uma intuição vaga e imprecisa, para, de forma gradual, alcançar o formalismo pretendido. É o mesmo que Dewey afirma (1979) quando discute sobre o processo de construção de conceitos, dando o exemplo de como um objeto luminoso a brilhar à noite no céu passa da ideia de uma simples centelha a um conceito sobre astronomia: um planeta, asteroide, um satélite ou estrela: “A mudança de simples centelha para um objeto imensamente significativo ilustra a aquisição de sentido que se deu em toda coisa que compreendemos ou sabemos” (DEWEY, 1979, p. 148).

Neste sentido, seriam as experiências pessoais construídas através de situações com condições objetivas e subjetivas dispostas de tal forma a dar um contexto adequado para o uso e construção dos conceitos científicos (DEWEY, 1979), o que altera profundamente a sequência de aprendizagem de um domínio do conhecimento, que migra de um contexto extremamente formal para um contexto natural, que aproxima o conhecimento formal daquele aprendido sem ensino pela criança pré-escolar (PAPERT, 1985). Assim o é o micromundo DinaTart, adequado para a construção dos conceitos do movimento newtoniano, e o micromundo Tartaruga Geométrica para a construção dos conceitos da geometria euclidiana.

No DinaTart a simulação “pode motivar e facilitar a aquisição de habilidades para manipular equações fornecendo um contexto intuitivamente bem compreendido para o uso delas” (PAPERT, 1985, p. 153), enquanto no micromundo Tartaruga Geométrica a criança ingressa num ambiente capaz de estabelecer “firme conexão entre a atividade pessoal e a criação de conhecimento formal” (PAPERT, 1985, p. 82), facilitando “a transferência de

conhecimentos de situações familiares para novos contextos”, o que corrobora a concepção de Dewey sobre a generalização enquanto ação de transferir conhecimentos entre diferentes experiências. Como resultado, temos que nos micromundos os conceitos poderão ser melhor compreendidos através de seu uso, pois “os acontecimentos [...] adquirem significação pelo uso; e que este uso envolve sempre um contexto” (DEWEY, 1979, p. 147), e aos poucos, os conceitos que originalmente dependiam de seu contexto para ganhar sentido pelo uso, “tornam-se capazes de suprir o contexto, de tal arte que a mente pode dispensar o contexto de coisas e atos” (DEWEY, 1979, p. 147).

Outra correspondência entre uma experiência e um micromundo está na possibilidade de realizar experimentos nos micromundos para construir as significações das ideias até serem consolidadas em conceitos. As explorações e investigações autônomas das crianças são favorecidas pela natureza interativa de um micromundo computacional desenvolvido num ambiente de programação com *feedback* dinâmico, como o Logo ou o Scratch. Isso permite a concepção de ideias intuitivas (PAPERT, 1985), solicitadas pela mente ainda enquanto sugestões por já possuírem relação com algo já aprendido anteriormente e presente na experiência em curso (DEWEY, 1979). E enquanto sugestões ou hipóteses, serão investigadas como possíveis soluções do problema e, portanto, poderão se constituir em novas, mais amplas e complexas concepções construídas pelo próprio estudante.

Do discutido, concluímos que experiências educativas inteligentes podem ser desenvolvidas dentro de um micromundo computacional voltado para a construção de programas por possuir características que o enquadram na definição dada por Dewey (1976; 1979): um ambiente que permite a construção de situações que contemplam condições objetivas a serem observadas e percebidas, que ao entrarem em contato com as condições subjetivas proporcionarão as interações necessárias para a construção e desenvolvimento de um propósito pessoal. Além disso, todo o processo de desenvolvimento de um projeto pessoal através da programação envolve uma dinâmica de experiências que se sucedem, cada uma impactando e ampliando a próxima, de modo que a atividade de programar possui o conjunto de elementos característicos de uma experiência educativa e inteligente: um projeto de programação é motivado por uma ideia pessoal que se configura num propósito quando se planeja e orienta as ações pelo pensamento; cada ideia gera uma versão de um programa que consiste numa possível solução do problema, considerada como hipótese até ser validada; cada uma dessas hipóteses, ao serem testadas, serão alvos de reflexão, pois o próprio ambiente se encarrega de dar os *feedbacks* necessários ao processo de validação pelo pensamento e pela ação, fornecendo os

fatos e dados a serem percebidos pelos sentidos e relacionados e confrontados com a ideia original; cada hipótese testada pode gerar um conjunto de erros que servirão como oportunidades para novos aprendizados pois “aponta àquele cujo pensamento foi nele envolvido e que a ele não chegou às cegas, quais as outras observações a fazer. Sugere-lhe quais as alterações a introduzir na hipótese sobre que trabalhara” (DEWEY, 1979, p. 118).

Por fim, consideramos o fato de o ambiente de programação atender à demanda de proporcionar uma linguagem utilizada como forma de representar e comunicar os pensamentos construídos durante o processo real de pensamento aplicado à formulação e resolução de um problema. A noção de linguagem para Dewey (1979) contempla aquela que não se limita à comunicação oral ou escrita, mas a qualquer símbolo que possua algum tipo de significado e que possa ser utilizado para transmiti-lo. Assim, “tudo que seja empregado, intencional e artificialmente, como um sinal, é, logicamente, linguagem” (DEWEY, 1979, p. 228). A linguagem de programação atende a essa definição, pois é formada por um conjunto de palavras e sentenças compostas por estas palavras, as quais devem ser organizadas de acordo com uma gramática, servindo de modo intencional para representar e comunicar ideias construídas para resolver um problema específico. Além disso, cada comando da linguagem possui um significado relacionado a sua funcionalidade, enquanto os blocos do programa, formados por sentenças de comandos, correspondem à maneira que o programador compreende um problema específico que deseja resolver, representando, portanto, um significado construído pelo próprio aprendiz.

Dewey (1979, p. 229) afirma que cada símbolo ou palavra “[...] é como todo instrumento, todo utensílio artificial, projetado, inventado para o fim de transmitir um significado”, e quando combinados, têm o potencial de formar sentenças que organizam seus significados de determinada maneira considerando suas mútuas relações. Tal organização é ditada pelo pensamento, que assim o faz de modo intencional para um fim específico de comunicar um novo significado construído a partir da organização de seus significados elementares. É isso o que acontece quando se escreve um programa: comandos (palavras) da linguagem são organizados de tal forma a construir uma sentença que possui um significado próprio, a depender da maneira como foram organizadas. Por exemplo, um código de um programa que simula o jogo *Morto ou Vivo* no Scratch poderia ser como o apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Versão 1 do programa que simula o jogo Morto ou Vivo.

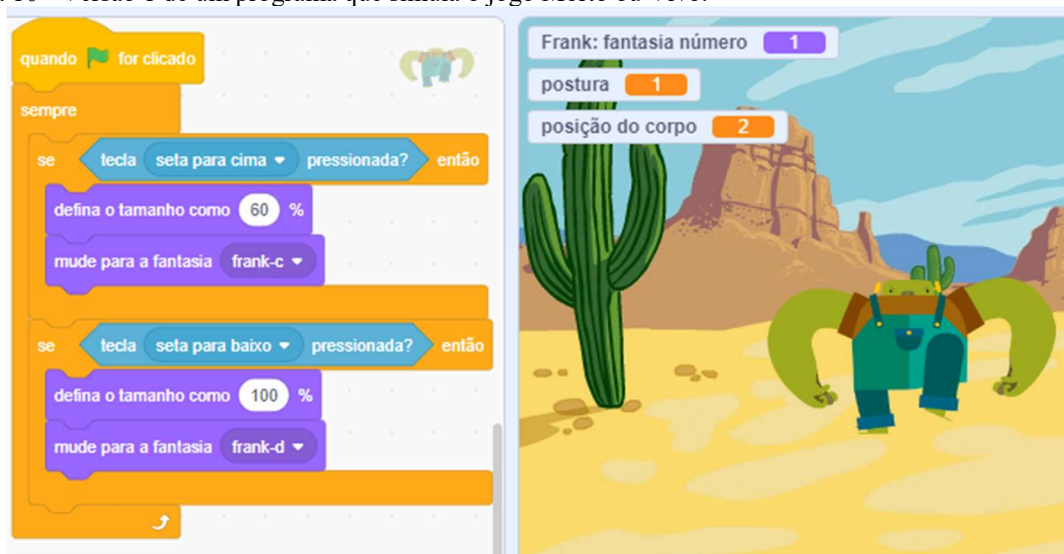


Fonte: elaborada pela autora.

A leitura do programa reproduz o seguinte significado: quando o jogador pressionar a tecla *seta para baixo*, o ator gigante irá abaixar; quando o jogador pressionar a tecla *seta para cima*, o ator gigante ficará de pé. Essa é a maneira que o programador modelou sua solução (programa) para o jogo a partir de como compreendeu o funcionamento do jogo na vida real, para o qual construiu abstrações lógicas para relacionar o evento *pressionar seta para cima* à ação *vivo* de se levantar, e o evento *pressionar seta para baixo* à ação *morto* de se abaixar. A situação de jogo na vida real foi alvo de um processo de pensamento reflexivo real que resultou em compreensões e conclusões sobre as situações de jogo, as quais foram abstraídas para se construir um modelo, um produto lógico do pensamento real que chamamos de programa e que representa formalmente a maneira que o programador pensa e compreende o jogo na vida real. Essa *significação* sobre como o programador compreende o jogo na vida real e sobre como utilizou os recursos da linguagem para construir seu programa pôde ser assim obtida através da forma com que os comandos da linguagem foram organizados para formar as sentenças do programa.

Se, ao contrário, o programa fosse reescrito da maneira apresentada na Figura 10, teríamos extraído o seguinte significado: quando o jogador pressionar a tecla *seta para cima*, o ator gigante irá abaixar; quando o jogador pressionar a tecla *seta para baixo*, o ator gigante ficará em pé. Perceba que os mesmos comandos (palavras) foram utilizados para modelar o comportamento do mesmo ator em ambos os programas. Apenas a maneira de organizá-las em sentenças foi diferente, o que resultou em programas diferentes, os quais expressam maneiras diferentes de compreender e pensar o jogo na vida real.

Figura 10 - Versão 1 de um programa que simula o jogo Morto ou Vivo.



Fonte: elaborada pelo autor.

Disso, fica evidente que a atividade de programação atende à demanda de possuir uma linguagem que carrega consigo significados fixos e identificáveis para cada palavra ou comando, os quais, quando combinados, formam sentenças que possuem diferentes significados, a depender da maneira lógica de sua organização, o que é ditado pelo pensamento reflexivo de quem programa. Fica estabelecido, então, que as sentenças de um programa são importantes instrumentos para expressar juízos, assim como cada comando o é para expressar significados, e como cada “palavra subentende uma sentença, uma sentença subentende um todo mais amplo de discurso consecutivo” (DEWEY, 1979, p. 232), qual seja, a maneira que uma pessoa pensa uma situação, ou formula, representa e compreende um problema específico através de um programa.

Neste contexto, podemos nos questionar: o que a linguagem de programação acrescenta à linguagem proposta por Dewey? Além de carregar consigo significados específicos para cada comando, e permitir a combinação desses significados para a construção de sentenças, a linguagem de programação permite concretizar e executar a forma que uma pessoa pensa e resolve um problema específico. O programa construído representa os pensamentos do aprendiz, os quais poderão ser executados pelo computador que produzirá resultados como resposta à execução. A criança poderá então validar ou não suas ideias representadas pelo programa, confrontando as respostas recebidas com as respostas esperadas, mobilizando seu pensamento reflexivo para refletir sobre o que observa e decidir se alcançou ou não seu propósito. Dessa forma, a linguagem de programação amplia as possibilidades de construção de significados pelo aprendiz à medida que vai além da representação dos significados, servindo

também como um recurso para automatizar o processo de validação de hipóteses através dos feedbacks emitidos pelo computador.

Além disso, programar é um tipo de experiência educativa inteligente cujo resultado “reveste determinada significação para um indivíduo, apenas quando este já teve *experiência* de alguma situação dentro da qual essa significação era realmente relevante” (DEWEY, 1979, p. 233, grifo do autor), como no exemplo do jogo *morto ou vivo*. Uma atividade que não incorre no erro da escola tradicional de julgar que “onde há uma palavra ou forma de linguagem definida, há também uma ideia definida” (DEWEY, 1979, p. 234), pois se a pessoa não consegue atribuir significado à situação que deseja modelar através de um programa, ou compreender o problema que deseja resolver, será impossível construir um programa, pois este é apenas um produto lógico de seu pensamento real aplicado a uma situação que deseja melhor compreender.

Do exposto sobre as relações entre o conceito de micromundo de Papert e a concepção de experiência educativa de Dewey, surge-nos uma reflexão: o que a experiência com o computador através da construção de programas adiciona à experiência de Dewey? Considerando que à época de Dewey não se dispunha de computadores, de modo que as experiências educativas eram desenvolvidas através de oficinas ou projetos que engajavam as crianças em situações que simulavam os trabalhos dos adultos, busquemos agora o que as teorias de ambos os autores apresentam sobre algumas peculiaridades que surgem quando as experiências educativas são desenvolvidas em micromundos computacionais. Essa busca será retomada posteriormente sobre os dados produzidos pela pesquisa de campo numa tentativa de corroborar entre teoria e prática.

4.2 - Sobre o projeto pessoal de Papert e o propósito de Dewey

Um projeto de programação desenvolvido no Scratch por uma criança que tenha como objetivo desenvolver um jogo, uma história ou uma animação pode ser concebido como um propósito para uma experiência educativa por consistir numa atividade que suscita diversos problemas ou desafios enquanto é desenvolvida. Para Dewey (1976, p. 81), “o crescimento mental depende da presença de dificuldades a serem vencidas pelo exercício da inteligência”. Os desafios ou problemas que caracterizam uma situação de perplexidade e dúvida são a razão de se empreender o esforço do pensamento reflexivo (DEWEY, 1979). Assim, entendemos um projeto de programação como um projeto pessoalmente empreendido para se alcançar um propósito, durante o qual diversos problemas e dúvidas paralisam a ação de programar e exige da criança um processo reflexivo para compreender e resolver esses problemas.

O modelo de educação pela experiência em torno do conceito de propósito é aquele que consegue “o adiamento da ação imediata em face do desejo, até que a observação e o julgamento intervenham e façam o seu trabalho” (DEWEY, 1976, p. 68). De fato, uma experiência educativa inteligente é desenvolvida quando a criança busca o cumprimento de seu propósito sendo orientada pelo pensamento reflexivo para organizar suas ideias e construir suas conclusões. E nesse processo é que a aprendizagem acontece, através da construção de significados para a situação problemática. Essa perspectiva de aprendizagem que acontece durante a busca por um propósito se relaciona à concepção construcionista de aprendizagem, a qual está fundamentada na ideia de que se aprende melhor quando se prioriza a ação do aprendiz engajado numa atividade para construir um produto público no mundo como fruto de suas ideias, supondo que as crianças “farão melhor descobrindo (“pescando”) por si mesmas o conhecimento específico de que precisam” (PAPERT, 2008, p. 135).

Essa construção pública apóia a construção mental do aprendiz enquanto manipula e ao mesmo tempo aprende o conhecimento útil e relacionado a seu projeto. Isso significa que o processo de construção no mundo, bem como o produto resultante pode ser apresentado, discutido, examinado, corrigido, admirado. Que é externo à mente, que pode ser visto por seu construtor e sua comunidade, trazendo algum tipo de sentimento de prazer ao processo de aprendizagem.

Uma das características do construcionismo consiste em analisar as construções mentais mais de perto, usando como suporte as construções no mundo (PAPERT, 2008), de modo que o computador é visto como um objeto para “pensar com” (PAPERT, 1985). Relacionado a isso temos a ideia de Dewey sobre como alcançar a ordem do pensamento através da ordem da ação. Isso significa que o desenvolvimento de hábitos de ordem no ato de pensar se dá como resultado da organização dos meios necessários para se alcançar um objetivo, para realizar alguma coisa além do pensamento, “e não como resultado de um apelo direto para a capacidade de pensar” (DEWEY, 1979, p. 56). Ao organizar uma ação é que as pessoas conseguem a ordem no pensamento relacionado a ação em curso, e essa ação sempre envolve os objetos presentes na situação e as relações entre eles e o aprendiz. Disso resulta a importância da ordem, da organização das ações numa atividade que não é, primariamente ou em si mesma, considerada intelectual, mas que tem como consequência a formação das capacidades intelectuais de consecutividade.

Podemos identificar essa relação entre a ordem da ação e a ordem do pensamento durante a construção de um jogo, história ou animação no ambiente Scratch. Esse projeto

pessoal concebido e empreendido por um aluno tem o potencial de articular ação e pensamento rumo a um propósito. Isso porque, por sua natureza, um projeto de programação consegue unir o desejo pessoal sobre algo que o motiva a agir, com a previsão, reflexão, planejamento do trabalho intelectual com base no que se vê, observa e sente, e também com base no conhecimento anterior já aprendido em experiências (projetos) anteriores, servindo como um instrumento para dar concretude a ideias que antes habitavam apenas nas mentes dos aprendizes, tornando-as acessíveis. E sobre isso, afirma Papert,

Vejo o computador ajudando de dois modos. Em primeiro lugar, o computador permite ou obriga a criança a externalizar expectativas intuitivas. Quando a intuição é traduzida num programa, ela se torna mais evidente e acessível à reflexão. Em segundo lugar, ideias computacionais podem ser tomadas como materiais para o trabalho de remodelação do conhecimento intuitivo (Papert, 1985, p. 176).

Além disso, a criança consegue trazer para si o conhecimento novo e necessário para conclusão do projeto, pois quando concebe uma ideia, um desejo de desenvolver um projeto de programação, professor e aprendiz precisam considerar quais conhecimentos são necessários e precisam ser aprendidos para alcançar esse propósito. Será necessário aprender sobre o ambiente de programação, a linguagem e seus recursos, buscar por ideias e conhecimentos de diversas áreas que tragam conteúdo significativo a seu projeto, aprender a organizar suas ideias de acordo com um raciocínio lógico necessário à construção de um programa de computador, e por fim, aprender a matemática necessária à modelagem dos eventos que darão vida e forma a seu projeto. Tais são as condições objetivas do ambiente em questão que deverão ser observadas e manipuladas de forma inteligente durante a experiência, que ao entrarem em contato com as condições subjetivas produzirão a interação necessária para o desenvolvimento de uma experiência educativa rica em diversas aprendizagens, a qual será motivada e movida pelo propósito de alcançar sucesso em seu projeto pessoal.

Soma-se a isso o fato de as atividades de programação serem exemplos de situações em que se aplica a relação meio-consequência, pois o projeto pessoal entendido como um propósito envolve a busca pelos meios necessários para se alcançar a consequência almejada, qual seja, o desejo presente na ideia original, de modo que a relação meio-consequência num projeto de programação também começa pela consequência ou pelo resultado procurado. Assim, em todos os casos de projetos “pensamos em alguma coisa necessária ou desejável e isso nos leva a procurar materiais e métodos para realizá-la” (DEWEY, 1979, p. 149), o que nos leva a uma situação caracterizada pela relação meio-consequência. E neste processo investigativo que busca os meios pelos quais vamos resolver um problema é que as coisas adquirem novos

sentidos e a aprendizagem acontece (DEWEY, 1979), o que também caracteriza um projeto de programação.

4.3 - O micromundo computacional como um fator potencializador de experiências educativas inteligentes

Os micromundos computacionais como concebidos por Papert carregam consigo um contexto significativo para proporcionar uma aprendizagem mais próxima da natural, e vai além, possibilitando a construção de modo direto e imediato do *produto* do pensamento reflexivo real desenvolvido durante a formulação e resolução de um problema. Isso é proporcionado pela própria linguagem de programação, que serve como recurso para representar e construir o produto formal do pensamento real. Trata-se, portanto, de um contexto que é, ao mesmo tempo, natural e significativo, e formal e representativo. Natural e significativo pois permite o desenvolvimento do pensamento reflexivo dentro de um contexto que viabiliza a construção de uma experiência educativa inteligente e pessoal permeada por situações e problemas que surgem durante o desenvolvimento de um propósito. Formal e representativo pois permite que as conclusões do pensamento reflexivo real sejam representadas através de uma linguagem formal, qual seja, a própria linguagem de programação utilizada para a construção dos programas.

Dessa forma, a linguagem de programação consiste numa forma direta, imediata e formal de representar o produto do processo real de pensamento, mostrando-se como um recurso poderoso e natural dentro de um micromundo computacional para organizar, sistematizar e comunicar o pensamento matemático formal contemplado em cada solução construída através de um programa. Essa relação direta entre o pensamento real e o pensamento formal estabelecida através de uma linguagem não acontece em experiências educativas desenvolvidas fora de um micromundo computacional, as quais acontecem em um determinado contexto gerando um resultado que precisa ser representado e comunicado através de uma linguagem formal num contexto diferente daquele onde foi produzido.

Como exemplo temos o micromundo *matemática de cozinha* de Papert (2008). Nesse contexto, diversos conceitos matemáticos podem ser contemplados durante as experiências culinárias dos aprendizes, no entanto, a linguagem natural em que são comunicados neste ambiente pode se distanciar muito do formalismo matemático em que poderão, por fim, ser representados. É neste sentido que o formalismo matemático disponível e desenvolvido pela linguagem de programação aproxima o aprendiz do formalismo matemático “escolar” enquanto objetos de aprendizagem.

Outro ponto de discussão se refere ao *feedback* dinâmico obtido como resposta imediata do ambiente de programação às ações do programador. Dewey (1979) destaca a importância do aprendiz perceber as reações de suas ações produzidas pelo meio, afirmando que a fonte primária para a construção de significados definidos e consistentes - fator central da aprendizagem - é a atividade prática. Isso significa que não “é através dos sentidos, mas por meio da reação, do ajustamento da resposta, que uma impressão reveste um caráter destacado das qualidades que despertam reações diferentes” (DEWEY, 1979, p. 144-145), o que implica afirmar que a construção de significados sobre o que ele percebe depende da reação produzida e percebida a partir da ação do aprendiz.

Assim, a aprendizagem é influenciada pela capacidade do meio ou dos objetos manipulados de produzirem uma reação à ação do aprendiz. Numa experiência num micromundo real, distante do computador, essa reação acontece, mas é potencializada num micromundo computacional com características da *modelagem dinâmica*, como o Scratch. Barbosa e Maltempi (2019) investigam a ideia de *modelagem dinâmica* relacionada ao pensamento computacional, concebendo-a como a capacidade do ambiente de programação de responder de modo imediato aos estímulos ou eventos percebidos, gerando e disponibilizando respostas rápidas aos eventos percebidos pelo programa. Esse *feedback* imediato do programa pode ser observado pelo programador como material para seu pensamento reflexivo enquanto compreende e constrói a solução de seu problema. Dessa forma, o *pensar sobre o pensar* apresentado por Papert (1985) através da programação é uma forma de *potencializar* a ação do pensamento reflexivo mobilizado para a compreensão e resolução de situações problemáticas, de modo que a modelagem dinâmica, entendida também como um conceito relacionado ao pensamento computacional (GADANIDIS, 2017), serve para *ampliar* as possibilidades para construir e testar hipóteses de soluções dentro de um processo investigativo rumo a um propósito.

O potencial de simulação do computador também pode ser considerado uma característica que amplia as possibilidades para a construção de experiências educativas inteligentes. Através dele pode-se criar uma grande diversidade de micromundos explorando-se os recursos disponíveis pela tecnologia digital. A consequência é a possibilidade de construir experiências educativas que contemplam uma grande variedade de ideias científicas que poderão ser alvos de reflexão, conceitualização e aprendizagem. Um exemplo seria o micromundo DinaTart (PAPERT, 1985) construído para estudar as ideias da física newtoniana. Através dele foi possível simular situações problemáticas envolvendo a primeira lei de Newton,

o que seria difícil de construir num ambiente real em que o atrito se apresenta de modo natural na maioria dos ambientes.

Os micromundos computacionais também ampliam as possibilidades de conexão entre experiências anteriores e a experiência em curso graças à ampliação da diversidade e complexidade dos micromundos proporcionados pelos recursos digitais disponíveis. Isso tem implicação direta sobre a aprendizagem através da mobilização do pensamento reflexivo, pois este é considerado pessoal e específico para cada aprendiz, o qual poderá construir um percurso pessoal e específico de aprendizagem dentro de seu próprio micromundo considerando suas experiências anteriores.

Os micromundos computacionais também permitem o desenvolvimento de um processo mais sistemático para o *debugging*. Dewey (1979) reconhece a importância do erro para o processo de aprendizagem, afirmando que uma mente habituada a refletir considera os erros como oportunidades para novos aprendizados. Assim, o erro se torna instrutivo, pois “aponta àquele cujo pensamento foi nele envolvido e que a ele não chegou às cegas, quais as outras observações a fazer” (DEWEY, 1979, p. 118). Dessa forma, ter no programa uma representação concreta de suas ideias e de como se relacionam através das abstrações lógicas construídas, permite ao aprendiz acessá-las, refletir sobre elas, identificar os erros, e corrigi-los, de um modo mais eficiente e organizado, impactando sua atitude diante do erro e contribuindo para desenvolver suas habilidades matemáticas (PAPERT, 1985).

As relações de correspondência entre micromundos computacionais e experiências educativas que sofrem impactos do uso das tecnologias digitais serão retomadas em nossa análise de dados com o objetivo de procurar por evidências práticas que corroboram nossa construção teórica.

4.4 - A aprendizagem pela experiência e o estilo do “vir a conhecer”

A perspectiva de aprendizagem construcionista é aquela do “vir a conhecer” uma ideia, considerada por Papert (1985) como uma maneira mais natural ou sintônica de se aprender. Para ele, entender o conhecimento científico “se assemelha mais a conhecer uma pessoa do que a conhecer um fato ou ter uma habilidade” (PAPERT, 1985, p. 165), e apresenta esse modelo de aprendizagem através de projetos pessoais desenvolvidos nos micromundos da Tartaruga.

No micromundo da Tartaruga, o aprendiz age de forma deliberada e consciente, engajado em um processo de aprendizagem pessoal e mais familiar que o conduz à matemática e a outros conhecimentos científicos. Isso é possível pois a Tartaruga é um objeto que pode ser antropomorfizado, permitindo que o aprendiz tome seu lugar para “brincar” de Tartaruga

enquanto pensa sobre qual decisão tomar em seu programa, aproximando o problema a ser resolvido dos conhecimentos que já possui sobre seu corpo, por exemplo. Essa é a aprendizagem sintônica. Além disso, esse micromundo consiste numa ideia matemática poderosa pois contempla dentro de si muitos conceitos matemáticos formais que poderão ser compreendidos por serem úteis à resolução dos problemas pela criança.

Para Papert (1985), aprender conceitos científicos programando no Logo não significa que se deva “tartarugizar” todo o conhecimento ou representá-lo através de um programa. Ao contrário, considera o micromundo da Tartaruga um bom modelo para iniciar uma aprendizagem sintônica e que atende aos princípios matemáticos construcionistas. Dito de outra forma, a Tartaruga fornece um bom modelo para um aprendiz iniciante começar uma aprendizagem do tipo “vir a conhecer”, levando-o a “vir a conhecer” determinados assuntos (PAPERT, 1985). Se consideramos o Scratch como um sistema que surgiu fundamentado nas mesmas ideias construcionistas, e que disponibiliza aos alunos mais recursos e poder computacional devido ao avanço tecnológico, então encontramos nos micromundos construídos nele bons modelos para esse estilo de aprendizagem do “vir a conhecer”.

O estilo de aprendizagem do “vir a conhecer” é sustentado por diversos princípios matemáticos. Um deles - o *Faça conexões* - se relaciona à aprendizagem pela experiência inteligente à medida que entendemos que esta só pode acontecer quando algo da experiência em curso se conecta com algo já conhecido de experiências anteriores. Aqui, identificamos esse princípio como uma condição necessária ao pensamento reflexivo, do que Dewey afirma que todo “juízo, toda inferência reflexiva, pressupõe alguma falta de compreensão, uma ausência parcial de significação” (DEWEY, 1979, p. 142), no entanto “cumpre que alguma coisa já esteja compreendida, que o espírito já tenha dominado alguma significação, pois de outra maneira seria impossível pensar” (DEWEY, 1979, p. 142).

A despeito de reconhecer a importância do princípio *Faça conexões* para desenvolver um estilo de aprendizagem do “vir a conhecer”, Papert (1985; 2008) não avança no sentido de explicar como essas conexões acontecem. Como e quem é o responsável por conectar o novo a algo que já é conhecido por já ter sido aprendido em experiências anteriores? Entendemos que a teoria de Dewey surge como possibilidade para preencher esta lacuna, quando apresenta o processo de raciocínio como responsável por relacionar diferentes materiais intelectuais com o objetivo de construir hipóteses (DEWEY, 1979). Dito sob a perspectiva construcionista, o raciocínio é essencial a um estilo de aprendizagem fundamentada nos princípios *Faça conexões*

e *Use algo que já saiba*, por ser responsável por construir as relações entre o novo e o familiar, entre o que se deseja compreender e o já compreendido.

Esse “algo já compreendido” que surge à mente como uma ideia é o que Dewey (1979) chama de sugestões, as quais nascem de modo aleatório justamente porque algo da situação em curso já é tão familiar que ao ser apreendido faz suscitar de modo natural essas ideias. Por isso, não surgem de modo isolado em uma experiência, pois tudo que acontece nela está de alguma forma interligado. Surgem a partir de relações existentes entre a experiência atual e alguma anterior. Não é algo que fazemos, mas sim o que nos acontece, pois “as sugestões que então nos ocorram vêm como funções de nossa experiência passada, não de nossa vontade e intenção presentes” (DEWEY, 1979, p. 49). Papert (1985) chama essas ideias que surgem à mente de *intuições*, uma forma que se tem de dar uma primeira explicação ao que nos causa dúvida ou perplexidade. E o modelo de aprendizagem do “vir a conhecer” é exatamente aquele que faz uso da capacidade natural das crianças de construírem intuições sobre o mundo que as circunda, levando-as a confrontar suas ideias através de situações de investigação que permitam validá-las, refutá-las ou transformá-las.

Quando as crianças são confrontadas com situações em que os acontecimentos frustram suas expectativas podem ser estimuladas a pensar sobre a diferença entre o que aconteceu e o que esperavam que acontecesse, sendo lançadas a uma busca por compreensões através de situações que façam conexões entre suas ideias originais (intuições) e o conhecimento que ainda precisam para atualizá-las. “Ela deseja saber por que sua intuição gerou uma expectativa errada [...] saber como trabalhar suas intuições para mudá-las” (PAPERT, 1980, p. 175). Ora, não é esse processo de busca por melhores compreensões sobre algo que nos traz dúvida ou perplexidade que motiva o início de uma investigação orientada pelo pensamento reflexivo numa experiência educativa? Disso, percebemos que existem correspondências entre o conceito de sugestão de Dewey (1979) e o conceito de intuição de Papert (1985) dentro de um processo de aprendizagem, à medida que ambas motivam e orientam um processo investigativo que busca por melhores compreensões através do pensamento.

A aprendizagem pelo “vir a conhecer” de Papert (1985) entende que conhecer uma área do conhecimento científico se parece mais com o que acontece quando uma pessoa ingressa numa comunidade de pessoas desconhecidas, por exemplo, um aluno que começa a frequentar uma escola nova.

[...] inicialmente nos sentimos submersos no conjunto desorientador de faces indiferenciadas. Só gradualmente as faces começam a ser diferenciadas. [...] De modo semelhante, quando entramos num domínio novo do conhecimento, encontramos inicialmente uma multidão de ideias novas. Bons aprendizes são capazes de selecionar

aquelas que são poderosas e adequadas. Os menos habilidosos necessitam da ajuda de professores e amigos (PAPERT, 1985, p. 167).

Nessa analogia percebemos que o processo de aprendizagem é compreendido como algo que acontece de forma gradual e através de conexões entre ideias, assim como acontece quando conhecemos pessoas novas através de outras já conhecidas. Sendo assim, faz todo sentido aplicar o princípio matético *Dar-se um tempo* (PAPERT, 2008), o qual pode ser reconhecido numa aprendizagem pela experiência quando esta considera todo o percurso - o que leva tempo - de partir do pensamento concreto para o pensamento abstrato como um processo de aprendizagem mais parecido com a aprendizagem natural de uma criança (DEWEY, 1979).

Papert (1985) também reconhece que “a tarefa do vir a conhecer uma ideia ou pessoa não pode ser executada por um terceiro” (PAPERT, 1985, p. 168), de modo que cada aprendiz deve adquirir destreza em “vir a conhecer” e um estilo pessoal para fazê-lo. Disso, surge o princípio matético *Faça parte do micromundo*, pois ninguém pretende conhecer uma comunidade nova de pessoas se não ingressar e participar dela. O que se relaciona a ideia de Dewey (1979) sobre a responsabilidade pessoal do aluno por sua própria aprendizagem, pois se aprender é próprio do aluno, a motivação, engajamento, postura ativa, o agir com todo o coração e a responsabilidade intelectual devem vir dele. E assim o faz sendo sujeito ativo de sua própria experiência de aprendizagem, agindo, percebendo, investigando, refletindo e compreendendo as reações que sofre a partir de suas próprias ações.

A aprendizagem do “vir a conhecer” acontece dentro de um contexto significativo construído num micromundo, assim como a aprendizagem pela apreensão e compreensão necessita de um contexto cheio de significados a serem apreendidos e compreendidos pelo aprendiz. A importância de um contexto significativo é trazida por Papert (2008) quando pensa num micromundo como um ambiente que satisfaz ao princípio da *ressonância cultural*, o qual assenta que o conteúdo formal a ser compreendido precisa estar inserido dentro de um contexto social mais amplo e que faça sentido à criança. Também, quando apresenta a ideia de projetos pessoais, como aqueles que motivam e engajam os aprendizes em seu próprio processo de aprendizagem, dando a eles a capacidade de articular diferentes conceitos e ideias, além de proporcionar um contato concreto, pessoal e significativo com o abstrato.

Para Dewey (1979), o contexto se torna importante à aprendizagem pois “a significação de uma coisa, de um acontecimento ou de uma situação é ver a coisa, acontecimento ou situação, em suas *relações* com outras coisas: notar como opera ou funciona, que consequências traz, qual a sua causa e possíveis aplicações” (DEWEY, 1979, p. 140). Assim, não se pode promover a construção de conceitos quando estes estiverem isolados de todo e qualquer contexto, sem

qualquer relação com outras coisas ou situações, pois “aquilo a que chamamos coisa bruta, a coisa sem sentido para nós, é algo cujas relações não foram apreendidas” (DEWEY, 1979, p. 140), enquanto “vir a conhecer” implica “revestir as coisas e acontecimentos com um sentido – isto é, entendê-los – consiste sempre em tirar a coisa investigada do seu isolamento” (DEWEY, 1979, p. 140).

As relações entre o estilo de aprendizagem do “vir a conhecer” e a aprendizagem pela apreensão e compreensão que acontece numa experiência educativa orientada pelo pensamento reflexivo foram investigadas em nossa análise dos dados, buscando evidências nas ExCEC que corroboram nossas afirmações e construções teóricas.

4.5 - O “algo a mais” entre as teorias

Nas seções 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4, apresentamos as possibilidades de diálogo e correspondências entre os principais conceitos da teoria construcionista e da filosofia da experiência de Dewey. Resta-nos agora acrescentar um “algo a mais” para esse diálogo com o objetivo de complementar as principais ideias já discutidas.

4.5.1 - O interesse de ambos sobre o pensar e o aprender a pensar

Papert (1985) deixa expresso que seu objetivo é apresentar “como uma cultura, uma maneira de pensar e uma ideia passa a habitar uma mente jovem” (PAPERT, 1985, p. 24). Para tanto, apresenta diversos exemplos sobre como as pessoas pensam em diversas situações que desejam investigar e compreender melhor, contemplando nesse estudo sua própria maneira de pensar e de aprender. Por isso fala tanto sobre matemática, pois a coisa que melhor sabe pensar é matemática, sem, no entanto, ter a intenção de falar de matemática para matemáticos, pois quando “escrevo sobre matemática neste livro, não me vejo escrevendo para matemáticos interessados no pensamento matemático em si. Meu interesse aqui é por questões mais amplas: como as pessoas pensam e como aprendem a pensar” (PAPERT, 1985, p. 24).

Dewey (1979) manifesta a mesma intenção, demonstrada já no título de seu livro: *Como as pessoas pensam*, com o objetivo de apresentar uma análise do processo real do pensamento reflexivo, como de fato acontece e é posto em prática por uma pessoa, contrapondo-o ao pensamento irreflexivo. As questões “*O que é pensar?*” e “*Como ensinar a pensar?*” orientam toda sua construção e apresentação dos conceitos envolvidos num pensamento reflexivo, entendido como elemento essencial de uma experiência educativa. Dewey (1979) também relaciona a aprendizagem ao ato de pensar a ponto de afirmar que “aprender é aprender a pensar” (DEWEY, 1979, p. 86), de modo que este deveria ser o objetivo da escola, surgindo

assim o aspecto intelectual da educação. Por fim, enfatiza que a ênfase da filosofia da experiência está exatamente neste aspecto intelectual da educação, qual seja, sua responsabilidade na “formação de hábitos de pensar despertos, cuidadosos, meticolosos” (DEWEY, 1979, p. 86).

4.5.2 - O pensamento reflexivo e a representação do pensamento em um programa de computador

O pensamento reflexivo é um tipo específico de pensamento, distinto de muitos outros por ser capaz de examinar mentalmente o assunto dando-lhe consideração séria e *consecutiva*, no sentido de considerar a *sequência e cadeia consequencial entre as diferentes partes do pensamento*. Ou seja, consegue construir uma ordem consequencial entre suas diferentes partes constituintes, de modo que uma parte serve como consequência da outra, e ao mesmo tempo se apoia em sua antecessora. A organização consequencial deve ser tal que forme uma sequência lógica em que cada *termo do pensamento* sustente um outro, com vistas a construir uma conclusão (DEWEY, 1979).

Dewey situa o pensamento reflexivo como propósito fundamental da educação formal de modo que, para desenvolver bons hábitos intelectuais nas crianças, a escola precisa ir além de propor atividades que sirvam como motivação ou exercício social, para alcançar nelas “*problemas típicos que devam ser resolvidos por reflexão e experimentação pessoal e pela aquisição de conteúdos definidos de conhecimentos capazes de levar, mais tarde, a noções científicas mais especializadas*” (DEWEY, 1979, p. 214, grifo do autor). Percebemos nas atividades de programação de computadores uma oportunidade para desenvolver nas crianças o hábito desse estilo de pensamento, do que Papert (1985) também afirma ser uma atividade capaz de representar e ao mesmo tempo influenciar a maneira como as crianças pensam e aprendem.

A conhecida frase “reflita, ache uma saída” sugere a aplicação do pensamento para tornar algo mais claro, para compreender algo que não pode ser imediatamente acessível. Ou, de outra forma, que existe “um alvo a ser atingido, que determina uma tarefa controladora da sequência de ideias” (DEWEY, 1979, p. 16). Ora, não é assim que agimos e pensamos quando identificamos, formulamos e resolvemos um problema através da construção de um programa de computador? Construir sua solução é o alvo, sobre o qual precisamos pensar, refletir, ou seja, nos colocar numa situação de pensamento organizado, empenhar uma tarefa de controlar e organizar nosso fluxo de ideias rumo a um objetivo bem definido, qual seja, construir o programa que resolve o problema a contento. Logo, o pensamento reflexivo concebido dessa

forma possui relação com a atividade de construir programas à medida que esta contempla situações desafiadoras ou problemáticas que emergem e dão início ao pensamento, exigindo da pessoa o desenvolvimento de um tipo de pensamento que imponha ordem e lógica às suas ideias. Ou seja, enxergamos nas atividades de construção de programas uma natureza similar àquela encontrada em situações de dúvida ou perplexidade e que exigem o exercício do pensamento reflexivo para transformá-la em uma situação estabelecida.

Além disso, um projeto pessoal empreendido através da programação de computadores contempla todas as características essenciais que tornam um projeto educativo, do ponto de vista do desenvolvimento do hábito do pensamento reflexivo (DEWEY, 1979): despertam o interesse do aprendiz pois a ideia original é por ele concebida, o que o motiva e o engaja; possui valor intrínseco, pois leva a criança para um próximo nível em termos de desenvolvimento intelectual ou ampliação de suas experiências pois permite a construção de novos significados e novas compreensões; contém problemas, pois nasce para resolver um problema principal, e durante seu desenvolvimento suscita diversos outros problemas que surgem; leva à prática da curiosidade ou criatividade da criança, o que a direciona a construir compreensões para o novo a fim de alcançar seu propósito; necessita de tempo para sua execução, pois esse tipo de projeto despende o tempo necessário à construção da solução do problema.

Por fim, temos que um projeto de programação, assim como uma experiência educativa inteligente, tem natureza *reflexiva*. Essa conclusão é obtida a partir dos fundamentos construtivistas ou piagetianos que sustentam o construcionismo de Papert. O construtivismo de Piaget tinha como objetivo compreender como a aprendizagem acontece através da construção das estruturas cognitivas pelo próprio aprendiz enquanto engajado em situações que privilegiam a interação entre ele e seu meio. Dessa forma, o construtivismo se preocupa em compreender como são desenvolvidos os tipos de pensamento concreto e abstrato durante um processo de aprendizagem sócio-interacionista, resultando na teoria dos estágios do desenvolvimento cognitivo das crianças (PAPERT, 1985). Apesar da diferença de compreensão entre Papert e Piaget sobre o desenvolvimento e aplicação do pensamento concreto e abstrato, Piaget reconhece que “uma ação mental não difere de uma ação física - pensar é agir” (PAPERT, 2008, p. 139). Isso significa que sua teoria abarca a ideia de que não se pode dissociar ação de pensamento. Sendo, pois, o construtivismo reflexivo, o construcionismo, entendido como uma teoria de aprendizagem que estende a concepção construtivista para “dar apoio à criança enquanto ela constrói suas estruturas intelectuais com materiais obtidos na cultura que a circunda” (PAPERT, 1980, p. 50), podemos afirmar que o construcionismo também é reflexivo.

Dessa forma, o construcionismo também reconhece e privilegia formas de aprendizagem que favorecem o desenvolvimento do pensamento, sobretudo o que Papert (2008) chama de pensamento concreto.

A natureza reflexiva de um projeto de programação, bem como as relações que podemos estabelecer entre o pensamento computacional e o pensamento reflexivo através de um projeto de programação no Scratch serão alvos de discussão na Seção 5, referente à análise dos dados, durante a qual procuramos compreender como agem e se coadunam esses estilos de pensamento para orientar uma aprendizagem de matemática pela construção de significados em um micromundo computacional.

4.5.3 - Sobre o tipo de pensamento que representa coisas imaginárias e irreais

Em Dewey (1979), o autor apresenta sua concepção de *pensamento* sob três perspectivas diferentes, para a partir delas, construir sua definição para o *pensamento reflexivo*. Uma delas define o pensamento como uma “representação mental de algo não realmente presente; e pensar consiste na sucessão de tais representações” (DEWEY, 1979, p. 15), as quais são construções surreais de “coisas que não são vistas, ouvidas, tocadas, cheiradas, nem provadas” (DEWEY, 1979, p. 15). Podemos estabelecer uma relação entre essa perspectiva e um programa construído para contar uma história ou criar uma animação no Scratch, conforme manda a fantasia de uma criança. Essa relação se deve ao fato de Papert (1985) considerar um programa uma forma de representar ideias e pensamentos tornando-os acessíveis, o que permite dar visibilidade e concretude a ideias que antes permaneciam apenas nas mentes de seus criadores.

No contexto de construção de histórias e animações, o programa irá representar a maneira que a criança compreende e deseja estruturar suas ideias, organizando-as de acordo com uma sequência que faça sentido para ela ou para os outros. Para tanto, precisa imprimir certa ordem sobre seus pensamentos, ordem esta que irá determinar a sequência consecutiva dos fatos. E quando assim o faz, está construindo suas representações de acordo com uma estrutura lógica que as organiza, pois as “histórias imaginárias contadas por crianças possuem todos os graus de coerência interna” (DEWEY, 1979, p. 15). E quando conexas, são semelhantes ao “pensamento reflexivo; e, na verdade, ocorrem em espíritos dotados de capacidade lógica” (DEWEY, 1979, p.15). A importância educacional desse tipo de pensamento está no fato de ser considerado por Dewey (1979) como uma construção imaginária conexa que precede o pensamento reflexivo preparando-lhe o caminho.

Se de fato isso acontece, podemos então lançar mão da capacidade imaginativa das crianças com o objetivo de estimular o desenvolvimento do pensamento reflexivo a partir da

construção de histórias e animações representadas através de programas no Scratch. Ora, se a construção de ideias ou pensamentos imaginativos conexos precede o pensamento reflexivo, ao mesmo tempo em que a construção de programas exige a organização lógica de ideias representadas através de um programa, desenvolver atividades com esta natureza pode contribuir para desenvolver nas crianças o referido estilo de pensamento.

4.5.4 - O pensamento enquanto produto lógico e o programa enquanto representação formal do pensamento

Dewey (1979) define o produto lógico do pensamento reflexivo como uma maneira formal de representar seu resultado, sua conclusão, servindo para apresentar um pensamento de maneira mais compacta, uma “maneira mais eficaz de expor o que já foi concluído, para convencer outros [...] da validade do resultado” (DEWEY, 1979, p. 82). É o que se faz na Matemática: condensa-se todo o resultado dos pensamentos desenvolvidos para a construção de conclusões em teoremas, demonstrações dedutivas, fórmulas e procedimentos representados através de uma linguagem própria, simbólica, exata e formal.

Embora o pensamento formal esteja muito distante da maneira real das pessoas pensarem sobre o mundo e seus problemas, ele importa aos propósitos da educação por nele se colocar o resultado do ato real de pensamento com o objetivo de representá-lo formalmente, sendo útil para diversos propósitos e procedimentos. Um exemplo seria o processo de construção de uma Tabela-Verdade para representar a operação da disjunção. Uma vez pronta, a representação formal dada ao resultado do processo de construção será útil para ser aplicada na resolução de diversos problemas relacionados à lógica *booleana*, como por exemplo, no projeto de circuitos lógicos.

O mesmo acontece quando se condensa o resultado de um processo de pensamento real dentro de uma fórmula matemática, como aconteceu com a matematização dos fenômenos de movimento de Newton, com o estudo das forças gravitacionais, ou com o estudo do crescimento populacional de bactérias através de funções exponenciais. Os experimentos reais são realizados e investigados aplicando-se o pensamento enquanto processo que regula, orienta e compreende o que se estuda com vistas à construção de conclusões, as quais, uma vez prontas e validadas, podem ser formuladas e representadas através de um formalismo matemático, podendo ser aplicado ao estudo e compreensão de novos experimentos.

Um paralelo pode ser traçado entre a investigação científica e a construção de programas. Enquanto durar a atividade de programação, são empreendidas investigações, observações, testes, conjecturas são formuladas e testadas, ratificadas ou rejeitadas, buscando-

se construir uma solução correta. De posse dela, todo o processo real de pensamento pelo qual se passou fica fora da representação formal, qual seja, o programa pronto.

De fato, todo o processo construção de um programa é permeado por observações sobre o problema que se deseja compreender e modelar, pela elaboração de conjecturas e construção de hipóteses que consistem nas versões parciais da solução, pois antes de pensarmos formalmente, pensamos sobre a realidade do problema inserido num contexto para, a partir do processo de análise, síntese, abstração lógica, reconhecimento de padrões, generalização, entre outros, obtermos a representação formal da solução escrita através de um programa. Assim, o pensamento lógico aplicado através de uma linguagem formal acontece depois desse processo de reflexão, compreensão e abstração da realidade desenvolvida através do pensamento reflexivo real. E quanto às versões parciais do programa? A citação abaixo bem explica esse processo.

Entretanto, no decurso da reflexão, emergem conclusões parciais: há pontos de parada, desembarcadouros provisórios do pensamento decorrido, que são também estações de partida do pensamento subsequente. Não atingimos a conclusão de um salto só. Em cada nível de parada, convém retrair os processos percorridos e medir, para nós mesmos, quanto, ou quão pouco, do material previamente pensado na realidade fundamenta a conclusão obtida *como* fundamental (DEWEY, 1979, p. 82, grifo do autor).

Disso, concluímos que podemos sim dar forma às conclusões parciais, as quais fazem parte do processo de construção da solução final. E, dando a elas formato mais sistemático, podemos submetê-las a novas reflexões, testes, identificar e corrigir possíveis erros, e assim continuar o processo real de pensamento a partir da observação do que nos mostra esse processo investigativo, para enfim chegar à solução ou conclusão final. Assim também o é o processo de construção de programas. De posse dessa perspectiva, buscamos durante nossa análise compreender como age o pensamento reflexivo para orientar a construção de significados nas situações problemáticas enfrentadas pelas crianças enquanto constroem seus programas.

4.6 - O pensamento computacional e suas relações com as ideias de Dewey e Papert

De maneira geral, encontramos em Dewey (1979) e Papert (1980; 2008) muitas ideias que possuem sinergia com a concepção de pensamento computacional adotada em nossa pesquisa, a qual será construída e definida nesta seção. Dessa forma, neste momento apresentamos a perspectiva de pensamento computacional adotada e como ela se relaciona às ideias de Dewey e Papert sobre pensamento, construindo assim as relações teóricas que irão sustentar nossas compreensões em torno de nossa questão de pesquisa que tem como objetivo compreender *como acontece o processo de construção de significados matemáticos que partem de ideias intuitiva quando crianças estão engajadas em suas ExCEC orientadas pelo PR e PC.*

4.6.1 - Concepções sobre o Pensamento Computacional

Podemos encontrar o termo pensamento computacional em duas citações distintas feitas por Papert: em seu livro *Mindstorm: children, computers, and powerful ideas*, e em seu livro *The children's machine: rethinking school in the age of computer*. A primeira referência foi feita dentro do contexto em que discutia sobre sua imagem de uma sociedade da aprendizagem, quando construiu uma analogia entre essa e a maneira como a aprendizagem acontecia numa escola de samba brasileira. Para ele, uma sociedade da aprendizagem do futuro deveria alcançar o equivalente a ter “uma escola de samba para matemática” (PAPERT, 1985, p. 216), o que poderia ser efetivado através do micromundo *Mathland* no Logo. Ao se referir às iniciativas de sua época, que tentavam construir ambientes computacionais para tornar essa ideia factível, concluiu que sua “visão de como integrar o pensamento computacional na vida diária estava insuficientemente desenvolvido” (PAPERT, 1985, p. 217), e devido a essa visão primitiva, tais iniciativas não vingaram. Disso, percebemos que Papert chama de *pensamento computacional* sua perspectiva sobre como o computador pode ser integrado à vida diária de crianças com o objetivo de desenvolver suas ideias, sua maneira de pensar e de aprender. Chama de *pensamento computacional* toda a cultura computacional por ele concebida para suportar o aprender a aprender e o pensar sobre o pensar.

No segundo momento, Papert (2008) cita o termo pensamento computacional ao se referir aos trabalhos de John Von Neumann e Norbert Wiener, dois importantes matemáticos que trabalharam para desenvolver maneiras mais eficientes de realizar cálculos complexos, necessários para resolver diversos problemas militares durante a Segunda Guerra Mundial, e por isso, são considerados “pioneiros no surgimento dos computadores e do pensamento computacional” (PAPERT, 2008, p. 174). Neste contexto, o pensamento computacional é o termo adotado por Papert para se referir a um tipo de pensamento necessário à resolução de problemas complexos, fazendo uso do que existia em termos de recursos computacionais para maximizar e ampliar a capacidade do ser humano de realizar cálculos. Levando-se em consideração que “os limites do cérebro humano não-auxiliado foram excedidos” (PAPERT, 1985, p. 173) em virtude da crescente complexidade dos problemas, fazia-se necessário desenvolver tecnologias para expandir sua capacidade, velocidade e precisão nos cálculos. Os computadores surgiram neste contexto e para este propósito: estender a capacidade do ser humano para realizar cálculos mais precisos, complexos e com mais velocidade, de modo que, nesta perspectiva, o pensamento computacional pode ser compreendido como *o pensamento de um humano quando tem suas capacidades intelectuais estendidas pelo poder computacional de*

uma máquina ou computador. O que corrobora Phillips (2009, p. 2), quando afirma que o PC busca integrar “o poder do pensamento humano com as capacidades computacionais”.

Em ambos os momentos, Papert parece enfeixar todas as suas ideias sobre “pensar com” e “aprender com” um computador, e como essa cultura pode transformar a maneira como as pessoas pensam e aprendem, num único termo: o pensamento computacional. No entanto, não se apropriou desse termo para qualificar nem identificar esse estilo de pensamento e de aprendizagem que buscava compreender quando aplicado ao desenvolvimento de programas por crianças usando a linguagem Logo. Ao contrário, o chamou de um estilo de *pensamento mecânico* que, de maneira deliberada, segue o estereótipo de pensar como um computador pensa: “de maneira seriada, literal e mecânica” (PAPERT, 1985, p. 44), tirando-se vantagem disso, pois há “situações em que esse estilo de pensamento é apropriado e útil” (PAPERT, 1985, p. 44), como, por exemplo, para aprender matemática. Mesmo reconhecendo os benefícios educacionais de se pensar como um computador pensa, não elevou este estilo de pensamento a um nível superior com relação aos demais. Ao contrário, afirma que seria uma oportunidade para desenvolver mais um estilo de pensamento (mecânico), aumentando “a confiança na habilidade de escolher um estilo cognitivo que sirva a um determinado problema” (PAPERT, 1985, p. 45).

O termo pensamento computacional (PC) ou *computational thinking* ressurgiu na literatura em 2006 com a publicação do artigo de Wing (2006), que teve grande repercussão entre educadores e pesquisadores da educação e da ciência da computação por ser taxativa em afirmar que se trata de uma habilidade fundamental para todos, não apenas para cientistas da computação, e que portanto deveria ser incluído junto ao conjunto de habilidades básicas desenvolvidas na educação de uma criança: leitura, escrita, aritmética e pensamento computacional (WING, 2006). A partir dessa publicação, houve um aumento do interesse de pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento para compreender o que realmente significa este estilo de pensamento e como poderiam integrar o “ensino” do PC ao currículo da educação formal ou em espaços informais de educação.

Wing (2008) define o pensamento computacional em termos dos conceitos fundamentais da ciência da computação, relacionando-o à maneira como o cientista da computação pensa. Assenta que o PC compreende atividades relacionadas à resolução de problemas, projetar sistemas e a compreensão do comportamento humano, baseando-se nos conceitos fundamentais para a computação (WING, 2008). Em outra publicação mais recente, o pensamento computacional é definido de forma resumida como um “intellectual framework

for thinking”, ou como “pensar como um cientista da computação” pensa (WING, 2014, s/p). É mais formalmente definido como “o pensamento envolvido na formulação de um problema e na expressão de sua(s) solução(ões) de tal forma que um computador – humano ou máquina – possa efetivamente executá-lo” (WING, 2014, s/p). Para Valente (2016, p. 867), a “ênfase nos conceitos da Ciência da Computação tem sido justificada com base no argumento que atividades realizadas no âmbito dessa ciência desenvolvem habilidades do pensamento crítico e computacional, e permitem entender como criar com as tecnologias digitais”.

Desde 2006 a comunidade interessada no tema tenta discutir possíveis concepções, com o objetivo de conciliar suas compreensões ou buscar algum tipo de consenso. Tentativa frustrada em dois importantes workshops realizados nos EUA em 2009 e 2011, os quais não chegaram a um consenso sobre sua concepção (USA NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2010). Por isso, a fim de facilitar sua operacionalização por parte dos educadores, duas organizações construíram uma definição operacional para o PC: a *International Society for Technology in Education* (ISTE) e a *American Computer Science Teachers Association* (CSTA). Nove conceitos foram identificados como relacionados ao PC: coleta, análise e representação de dados, decomposição, abstração, algoritmos, automação, paralelização e simulação. Além disso, conceberam o PC como um processo de resolução de problemas que contempla: formulação de problemas; identificação, análise e implementação de soluções; generalização e transferência desse processo de resolução de problemas para uma ampla variedade de problemas; organização lógica e análise de dados; representação de dados por meio de abstrações; automação através do pensamento algorítmico. Também reforçam que suportam essas habilidades um conjunto fundamental de atitudes pessoais, chamadas de dimensões essenciais do PC: a confiança e a persistência para lidar com problemas complexos e difíceis, a tolerância para a ambiguidade e a capacidade para enfrentar problemas abertos (VALENTE, 2019).

Outros trabalhos tentaram identificar na literatura os conceitos atribuídos ao PC. Kalelioğlu, Gülbahar e Kukul (2016) examinaram um conjunto de 125 artigos de acordo com alguns critérios pré-definidos, com o objetivo de identificar quais termos eram mais frequentemente usados para conceituar o pensamento computacional. O resultado foi: resolução de problemas (22%), abstração (13%), computador (13%), processo (9%), ciência (7%), dados (7%), efetivo (6%), algoritmo (6%), conceitos (5%), habilidade (5%), ferramentas (4%) e análise (4%). Haseski, İlic e Tuğtekin (2018) analisaram artigos publicados até o ano de 2016 com o objetivo de encontrar definições para o termo. Encontraram um total de 59, e suas

conclusões apontam que as habilidades mais frequentemente relacionadas ao PC são resolução de problemas, tecnologia e pensamento. Uma observação importante neste texto se refere ao fato de terem identificado a presença do PC relacionado a capacidades pessoais e sociais, indicando que algumas definições contemplam elementos ou características humanas.

No entanto, encontramos no texto de Kahn (2017) a maneira como os conceitos subjacentes ao pensamento computacional se encaixam nas ideias apresentadas durante os mais de cinquenta anos de investigações sobre o papel e impacto dos computadores na aprendizagem. O autor reconhece as muitas definições dadas pela literatura recente para o termo pensamento computacional, mas as considera mais limitadas quando comparadas às ideias que Seymour Papert desenvolveu. Para o autor, tudo o que se afirma atualmente se trata de um pequeno subconjunto daqueles que Seymour Papert e colegas há décadas construíram como fundamentais: depuração, micromundo, reflexão e a ideia de ideias poderosas (KAHN, 2017).

Do exposto, corroboramos a afirmação de Baranauskas e Valente (2017, p. 2) no editorial de inauguração do volume temático da revista *Pensamento Computacional*: “Quando ainda nos anos 80 se falava de Logo, Papert e construcionismo no uso de computadores em contextos educacionais, já se trabalhava com o que mais recentemente ressurgiu com a denominação de pensamento computacional”. Adotamos nesta pesquisa essa mesma perspectiva, o que nos leva a encontrar nas ideias de Papert nossa concepção para o PC, a qual contempla também os conceitos da ciência da computação indicados na literatura como pilares do PC: *um estilo de pensamento aplicado para forjar e desenvolver ideias sendo orientado por um processo lógico e sistemático de pensamento, fazendo uso de diversas estratégias de pensamento como coleta, análise e síntese de dados, decomposição e composição, abstração, modularização, reconhecimento de padrões, generalização, com o objetivo de melhor compreender, formular, representar e solucionar problemas provenientes de diversas áreas do conhecimento, com vistas a aprender a pensar e aprender a aprender. Um estilo de pensamento que pode se apropriar do poder computacional das máquinas, como os computadores e a programação, para estender essa capacidade humana de pensar, representar e aplicar estratégias de pensamento, o que nos leva a ampliar as possibilidades para mobilizar o pensamento computacional em função de alguns conceitos relacionados à ciência da computação, contemplando também a automação, paralelismo, simulação, debugging, e pensamento algorítmico, para tirar proveito das possíveis relações entre o aprendiz e a máquina através da programação, abrindo as portas para uma abordagem de aprendizagem que segue o modelo de “pensar com” e “aprender com” o computador.*

Nossa definição de PC será levada para a etapa de análise de dados seguindo uma perspectiva investigativa, durante a qual buscaremos compreensões sobre como o PC surge e é mobilizado nas ExCEC em função de seus conceitos e estratégias de pensamento correlacionadas, buscando evidências que podem confirmá-la ou transformá-la.

4.6. 2 - Relações entre a programação de computadores e o pensamento computacional

Se considerarmos que a programação é uma forma de modelagem e resolução de problemas que permite ao ser humano expandir suas capacidades cognitivas fazendo uso do poder computacional de uma máquina para automatizar uma solução, poderemos então estabelecer uma relação entre a atividade de programação e a concepção de PC compreendida a partir da citação de Papert (2008) sobre os trabalhos dos matemáticos durante a Segunda Guerra Mundial. A ideia de que a programação de computadores ajuda a pensar melhor tem permeado os trabalhos de Papert desde a década de 1960 quando a linguagem Logo foi criada. Nesta época “Papert já mencionava a importância dessa atividade para o processo de construção de conhecimento e para o desenvolvimento do pensamento” (VALENTE, 2016, p. 868). Ele esperava que houvesse “uma demanda cultural por algo como Logo, de uma maneira que nunca aconteceu, e talvez nunca poderia acontecer, com a demanda cultural pela matemática moderna” (PAPERT, 1980, p. 50).

A despeito do pioneirismo de Papert desde a década de 1960, apenas após 2005, com o barateamento dos preços dos laptops, a programação voltou a ser considerada como uma atividade importante, e a comunidade voltou a estimular não apenas o consumo das tecnologias digitais pelos jovens, mas também sua produção (ALMEIDA; VALENTE, 2019). E com a publicação do artigo de Wing (2006) intensificou-se a busca sobre como ressignificar o uso das tecnologias digitais na educação. Agora, a programação não viria sozinha, mas relacionada ao pensamento computacional, como uma atividade com potencial para desenvolvê-lo nas mentes das crianças. Como resultado, assistimos ao surgimento de diversos ambientes de programação de computadores para crianças e kits de robótica educativa que tiravam proveito das novas possibilidades de tecnologias de hardware e software e da infraestrutura da internet mundial para construir recursos mais amigáveis e conquistarem mais usuários ao redor do mundo.

Pensar computacionalmente e programar não são sinônimos. Porém, diversos autores sugerem que a exploração de atividades de programação é importante para o desenvolvimento de conceitos relacionados ao pensamento computacional (GROVER; COOPER; PEA, 2014; SETTLE et al., 2012). O trabalho de De Paula, Valente e Burn (2014) assentam que o PC representa uma maneira específica de se pensar e analisar uma situação, o que pode ser feito

independente do uso de tecnologia digitais, mas apontam que a programação é uma forma possível de articular a prática e os conceitos relacionados ao PC.

No Brasil, um dos trabalhos pioneiros foi realizado pelo Núcleo de Informática Aplicada à Educação (NIED) da Unicamp com a utilização da linguagem Logo, ainda na década de 1980. Suas pesquisas permitiram entender que o “processo de criação de um programa para a resolução de um problema acontece por intermédio de uma espiral de ações descrição-execução-reflexão-depuração” (VALENTE, 2016, p. 871), através do qual uma ideia inicial sobre como resolver um problema é representada por um programa escrito em Logo (*descrição da solução*), o qual é *executado* por um computador que produz um resultado. De posse dele, o aluno poderá refletir se obteve o que esperava, levando-o a uma das seguintes ações: aceitar a solução como correta; ou depurar o programa pois o resultado obtido não equivale ao esperado. E neste segundo caso, a “depuração implica uma nova descrição e, assim, sucessivamente, ou seja, descrição-execução-reflexão-depuração-novadescrição” (VALENTE, 2016, p. 872). Esse movimento cíclico que caracteriza um processo de aprendizagem Valente (2005) chama de espiral da aprendizagem. Embora não tenha sido construída com o objetivo de caracterizar conceitos do PC, o autor reconhece que, ao explicitar as atividades que o aprendiz realiza na interação com as tecnologias digitais, a espiral da aprendizagem contribui para “entender como a interação com as tecnologias digitais contribuem para o desenvolvimento do pensamento computacional” (VALENTE, 2016, p. 871) enquanto se desenvolve uma atividade de programação.

Brennan e Resnick (2012) investigaram um conjunto de atividades de programação desenvolvidas no Scratch com o objetivo de identificar possíveis relações com o PC. Como resultado, identificaram e organizaram as relações entre a programação e o PC em três dimensões: conceitos computacionais (interação, paralelismo, condicionais, etc), práticas computacionais (depurar, reusar, etc), e perspectivas computacionais (capacidade de expressão, de conexão, etc).

Queiroz, Sampaio e Santos (2017) investigaram o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao pensamento computacional através de um estudo exploratório sobre o uso da robótica educacional com crianças do ensino fundamental I. O estudo foi aplicado durante o desenvolvimento de oficinas de robótica com o uso de material reciclável envolvendo também o aprendizado da programação com a linguagem visual *DuinoBlocksforKids*. Os resultados obtidos sugerem que é possível adequar tal metodologia às demandas dessa faixa-etária através

de planejamento pedagógico e recursos adequados, sendo possível trabalhar algumas das habilidades do pensamento computacional apresentadas na literatura.

Alinhado à concepção operacional da ISTE/CSTA está o trabalho de Zanetti, Borges, Leal e Matsuzaki (2017), os quais apresentam um conjunto de práticas pedagógicas com o objetivo de desenvolver conceitos da Lógica de Programação e do Pensamento Computacional. A proposta foi desenvolvida através da oficina “Era uma Vez”, ministrada a crianças de 10 a 13 anos de idade usando Scratch como ambiente de programação. Os autores concluíram que o alinhamento das habilidades essenciais do PC às atividades da oficina mostrou-se uma maneira interessante para estimular a prática do raciocínio e da programação com os alunos, sem, no entanto, esgotar todas as possibilidades de abordagem das habilidades do PC através da programação.

Em sua tese, Azevedo (2022) buscou compreender o processo de formação em matemática de estudantes de Ensino Médio quando constroem jogos digitais e desenvolvem dispositivos robóticos destinados ao tratamento de sintomas da doença de Parkinson. Para tanto, fez uso da plataforma de programação Scratch e materiais de baixo custo para construção dos dispositivos robóticos, oportunizando a construção e a aprendizagem criativa. Aplicou em sua análise os pressupostos teóricos do Construcionismo e do Pensamento Computacional, afirmando que o “PC se evidencia por Papert, na década de 1980, como possibilidade de forjar ideias intelectuais à construção de conhecimento em distintas áreas, entre as quais se inclui a Matemática” (AZEVEDO, 2022, p. 43).

Apresentada nossa concepção sobre o PC, e como a literatura têm investigado seu desenvolvimento através de atividades de programação de computadores, partiremos para traçar e discutir as possíveis relações de correspondência entre o PC e os estilos de pensamento investigados por Dewey e Papert: o pensamento reflexivo (PR) e o pensamento mecânico (PM), respectivamente.

4.6.3 O estilo de pensamento mecânico e suas relações com o pensamento reflexivo

A ênfase de Papert sobre o pensamento e sobre como aprender a pensar impacta a aprendizagem o levou a apresentar um *estilo de pensamento* que pode ser desenvolvido quando se constrói programas de computador. Para os propósitos de nossa pesquisa, precisamos estabelecer as relações entre esse estilo de pensamento e o pensamento reflexivo como definido por Dewey (1979).

Papert (1985) chama esse estilo de pensamento de *pensamento mecânico*, o qual se parece com a maneira de um computador pensar de acordo com a forma como é programado,

“de maneira seriada, literal e mecânica” (PAPERT, 1985, p. 44). Ao ensinar uma criança a programar, pretende-se prover um modelo de uma maneira de pensar que equivale a organizar e representar ideias e pensamentos da maneira como são organizadas através de um programa: de forma lógica, estruturada, consequencial e sistemática, com vistas a obtenção de um resultado para um problema específico. Papert (1985) afirma que existem vantagens educacionais sobre pensar dessa forma, pois algumas “das dificuldades das crianças em aprender matérias formais como gramática ou matemática devem-se à sua incapacidade para entender a utilidade deste estilo de pensamento” (PAPERT, 1985, p. 44). Aqui, percebemos uma primeira aproximação entre este estilo de pensamento e o pensamento matemático ou pensamento formal necessário para se aprender matemática.

Dar às crianças a oportunidade de deliberadamente optar pelo estilo de pensamento mecânico para compreender e resolver problemas significa empoderá-las de um estilo de pensamento que oportuniza “o pensar sobre”, “o falar sobre”, e “o testar” ideias através de sua exteriorização, levando-as a refletir sobre como determinadas ações são realizadas por elas, para então serem capazes de “ensinar” o computador a agir da mesma maneira. Dessa forma, compreendemos o pensamento mecânico como um estilo de pensamento mobilizado e desenvolvido para a compreensão e resolução de situações problemáticas através da construção de programas, não se limitando apenas à etapa de execução do produto do pensamento - o programa – pelo computador. Assim, mobilizar o pensamento mecânico durante a atividade de programação implica mobilizar diversas estratégias de pensamento necessárias à construção de significados para a situação problemática a ser modelada e resolvida, o que resultará num produto do pensamento representado através de um programa que será executado pelo computador. Portanto, mobilizar o pensamento mecânico implica colocar em prática a abstração, análise, síntese, modularização, composição, decomposição, pensamento algoritmo, automação etc, para um propósito específico de construir um programa para resolver um problema específico. Portanto, corroboramos a afirmação de Papert sobre a atividade de construir programas: “ao invés de induzir ao pensamento mecanicista, o contato com os computadores poderia acabar sendo o melhor antídoto contra isso” (PAPERT, 1985, p. 44), pois “através dessas experiências, as crianças estariam desenvolvendo o seu aprendizado como epistemólogos, isto é, aprendendo a pensar articuladamente sobre o pensamento” (PAPERT, 1985, p. 44).

O estilo de pensamento mecânico desenvolvido através da programação não está relacionado a questões apenas técnicas, e dissociado da realidade cultural dos aprendizes. Uma

prova disso surge quando Papert (1985) reconhece que este estilo cognitivo é influenciado por questões ou materiais de uma cultura em particular, daquela cultura que circunda a criança. E também é influenciado pela cultura computacional existente, pois depende da maneira que o computador é empregado para propósitos educacionais. Quando o computador é utilizado para desenvolver a capacidade de expressar ideias de modo organizado e consequencial através de um programa, temos neste tipo de pensamento muitas características valorosas e que aproximam o pensamento mecânico do pensamento reflexivo de Dewey (1979). Dessa forma, caracterizamos o pensamento mecânico como um estilo de pensamento que:

1. Transforma o estilo de aprendizagem do aluno ao tornar o conhecimento algo importante para um propósito pessoal, alterando o relacionamento entre conhecimento e aluno, o qual passa a buscá-lo por ser algo importante para alcançar seus objetivos.
2. Se torna concreto através de um programa, o qual representa a maneira única e pessoal da pessoa compreender um problema, assim como o é o PR. Uma maneira formal e específica de representar suas ideias.
3. Através do computador altera os limites entre o concreto e o formal e abstrato, pois torna acessível conhecimentos que antes só eram acessíveis através de processos formais e abstratos, como por exemplo sua representação matemática. Este estilo de pensamento expresso através de um programa permite que ideias antes habitadas apenas na mente de uma pessoa possam ser abordadas de forma concreta, dando a elas visibilidade enquanto material para seu pensamento reflexivo.
4. Através do computador, impacta outros tipos de pensamentos, como aqueles considerados mais formais e abstratos. Assim, esse estilo de pensamento desenvolvido através do computador influencia “o como” e “o quando” pensamentos considerados mais abstratos e formais podem ser desenvolvidos, como por exemplo as ideias matemáticas relacionadas à lógica matemática, considerada um tópico avançado do currículo. Assim, programar consiste num contexto possível para desenvolver o percurso de “partir do concreto ao abstrato” apresentado conforme Dewey (1979).
5. É desenvolvido através de uma ordenação de ideias ou através da construção de procedimentos sistemáticos, assim como o é o PR.
6. Não segue a cultura de aprendizagem do “acertou” ou “errou”, transformando o erro em oportunidade para novas aprendizagens, assim como o PR.
7. Faz uso do *objeto de pensar com*, reconhecendo a importância e impacto dos materiais ou *condições objetivas de uma situação* utilizadas sobre os processos de pensamento.

8. Estabelece uma conexão entre a atividade pessoal do aprendiz e a criação de conhecimento formal, pois as atividades de programação facilitam “a transferência de conhecimentos de situações familiares para novos contextos” (PAPERT, 1985, p. 82). Ou, permite “partir do familiar para o desconhecido” (PAPERT, 1985, p. 83), promovendo as devidas conexões para a construção dos significados pelo aprendiz em suas experiências educativas.
9. Desenvolve nos aprendizes “ideias genéricas poderosas e fundamentais” (PAPERT, 1985, p. 83), tais como a ideia de organização hierárquica, a ideia de planejar o desenvolvimento de um projeto e a ideia de *debugging*, as quais importam para os propósitos de uma aprendizagem pela experiência.
10. Traz para o projeto pessoal do aprendiz uma gama de conhecimentos formais como a matemática, os quais, por serem úteis, estimula nos aprendizes o interesse por aprendê-los de maneira indireta, o que pode levá-los a um interesse direto no futuro, favorecendo assim um percurso de aprendizagem que parte do pensamento concreto para alcançar o pensamento abstrato (DEWEY, 1979).
11. Dá o “poder matemático” à criança, pois a coloca na mesma posição de um matemático que “procura” pela matemática que se interessa. Dessa forma, consegue estabelecer uma relação de identidade entre a atividade matemática do aprendiz e a atividade matemática do cientista, dando a ele a oportunidade de desenvolver seu pensamento científico, considerado por Dewey(1979) como aquele que educa por excelência. Dessa forma, temos que a experiência computacional oportuniza experiências matemáticas que geram um empoderamento matemático no aprendiz.
12. Coloca o aprendiz em contato com processos formais de pensamento, levando-o a se apropriar de uma linguagem formal como a matemática para comunicar suas ideias. Como resultado, a criança poderá acessar e desenvolver o tipo de pensamento reflexivo abstrato, como concebido por Dewey (1979).
13. Permite a construção de relações entre a ciência e a vida, que se volta para uma aprendizagem pela experiência e para a vida, pois leva as crianças a compreenderem que “certas ideias podem ser usadas como ferramentas com as quais podemos pensar ao longo da vida” (PAPERT, 1985, p. 102), para além das atividades escolares, atribuindo um caráter pragmático a seu processo de aprendizagem (DEWEY, 1976)
14. Organiza uma solução de um problema em função de seus módulos, os quais poderão ser utilizados em diferentes contextos, contribuindo para a aplicação da ideia de

generalização do ponto de vista de Dewey (1979), em que uma ideia ou conceito pode ser apreendido pela mente para ser aplicado em outras e diferentes experiências.

Do exposto sobre as características do que Papert chama de pensamento mecânico, conclui-se que o computador é concebido como portador de um modelo concreto de um estilo de pensamento específico, e que aprender a programar é uma possibilidade para se desenvolver esse estilo de pensamento específico mobilizado num contexto específico. Disso, percebemos claras correspondências entre o pensamento mecânico e o pensamento reflexivo, de modo que podemos classificar o pensamento mecânico como um tipo de pensamento reflexivo. Nossa análise sobre os dados produzidos em campo nos levou a corroborar e ampliar essa afirmação através de evidências que indicam uma ação conjunta e colaborativa entre PR e PM, em que ambos agem e são influenciados pela ação do outro em uma experiência educativa desenvolvida num micromundo computacional.

Sobre a relação entre o pensamento mecânico e o pensamento computacional, podemos ainda apresentar mais algumas evidências, para além daquelas discutidas na seção 4.6.1, ampliando assim suas correspondências para construir uma identificação entre o estilo de pensamento apresentado por Papert e o pensamento computacional. Quais características do estilo de pensamento mecânico correspondem às características do pensamento computacional a ponto de identificá-lo como tal?

4.6.4 - O pensamento mecânico e suas relações com o pensamento computacional

Para os propósitos de nossa pesquisa, está evidente a relação entre o estilo de pensamento mecânico e a atividade de construir programas, através da qual se desenvolve e se põe em prática esta maneira específica de pensar. Disso, reconhecemos algumas estratégias de pensamento discutidas por Papert que podem ser desenvolvidas durante a programação e que evidenciam como esta atividade impacta a maneira que as crianças aprendem a pensar e aprendem a aprender. Por sua vez, essas estratégias de pensamento também são contempladas pela concepção de PC assumida em nossa pesquisa. A primeira delas se refere à possibilidade de desenvolver um princípio matético relacionado à ideia de modularização.

Construir módulos de programas significa dividir o problema em partes menores e naturalmente identificáveis, as quais poderão ser organizadas de tal forma a resolver o problema completo. Isso permite a criação de hierarquias de conhecimento. Um exemplo sobre como utilizar módulos para trabalhar a ideia de hierarquia de conhecimento seria desenvolver um módulo para desenhar um *quadrado* e outro para desenhar um *triângulo*, para então utilizar os dois módulos para construir um projeto CASA. A geometria da Tartaruga fornece um ambiente

adequado para estruturar grandes projetos em função de suas partes constituintes, pois permite que grandes problemas sejam divididos em problemas menores (PAPERT, 1985). Da mesma forma, o Scratch organiza seus projetos em função da ideia de atores e cenários programados individualmente. Surge então, o primeiro ponto de correspondência entre o PM e o PC através da ideia de modularização.

Papert(1985) considera a programação estruturada através da modularização um princípio matético, ou seja, algo que quando desenvolvido contribui para desenvolver as habilidades de aprendizagem de uma criança, tornando-a um aprendiz melhor. Quais são as implicações de considerar uma habilidade ou técnica de programação como um princípio matético? Sendo a modularização uma das habilidades contempladas por nossa concepção de PC, temos que esse princípio matético também está presente nele, o que nos leva a concluir que o pensamento computacional possui o mesmo potencial atribuído ao pensamento mecânico: o de melhorar as habilidades matéticas de um aprendiz. Temos, então, uma relação entre o pensamento mecânico e o pensamento computacional, estabelecida através dos princípios matéticos, ou seja, uma relação construída através do potencial que ambos possuem para transformar a maneira que as pessoas pensam e aprendem. A natureza matética do pensamento computacional foi investigada durante nossa análise das ExCEC, numa tentativa de corroborar entre teoria e prática com vistas a sustentar essa conclusão com base em evidências.

A estratégia da modularização facilita a compreensão de que alguns sub-procedimentos são executados ao mesmo tempo, ou seja, em paralelo, o que poderia ser difícil de ser percebido sem ela. Assim, outra habilidade ou estratégia de programação utilizada para transformar programas em programas estruturados é o paralelismo. Para Papert (1985), a importância desse recurso é tal que dele depende a capacidade de uma linguagem para construir sistemas que simulam problemas reais, considerando que uma criança restrita apenas à programação seriada está privada de uma fonte de poder prático e conceitual. No exemplo discutido em seu livro (PAPERT, 1985), um procedimento foi construído para modelar a ação de um malabarismo com 3 bolas. Tal exercício é organizado em função de dois sub-procedimentos executados ao mesmo tempo pelo malabares, o qual precisa jogar a bola que está na mão esquerda enquanto a bola jogada pela mão direita ainda está no ar. Um sistema computacional construído para simular esse movimento precisa ser capaz de implementar o paralelismo para simular essa realidade. Caso contrário, esses e outros problemas presentes no cotidiano de uma criança que exigem a realização de ações simultâneas estarão fora do escopo de seus projetos, o que implica

limitar seus problemas, ideias e o desenvolvimento de seu pensamento. Temos aqui outro ponto de correspondência entre PM e PC em função do conceito de paralelismo.

No contexto de programação modular, surge a ideia do *debugging* enquanto estratégia para identificar e corrigir erros, e que contribui para o processo geral de aprendizagem. Ao pegar um problema que parece complexo e subdividi-lo em partes menores, a aprendizagem de cada parte se torna mais simples, e o resultado é a aprendizagem do super procedimento ou da habilidade total a partir da aprendizagem de cada habilidade separadamente. Além disso, os erros cometidos em cada etapa são mais facilmente identificados e corrigidos, pois estão contidos dentro de limites tão estreitos quanto possível, de modo que se evita a pior de todas as situações: “quando muitos deles [*bugs*] ocorrem simultaneamente” (PAPERT, 1985, p. 140). Neste ponto, fica evidente o quanto o pensamento procedimental contribui para que a pessoa organize suas ideias enquanto resolve um problema, o que é desejável para os propósitos da aprendizagem do conhecimento formal. Ora, se nossa concepção de PC contempla o *debugging* como estratégia para identificar e corrigir erros, então podemos atribuir ao PC o *status* de um estilo de pensamento que oportuniza o aprender a aprender e o aprender a pensar a partir da identificação e correção de erros, assim como o é o PM.

O pensamento mecânico também é relacionado de forma explícita por Papert (1985) ao processo de resolução de problemas. Ele o faz ao citar as estratégias heurísticas de Polya, afirmando que a geometria da Tartaruga seria uma excelente maneira de ensinar princípios de heurística aos estudantes, pois ela acaba servindo como portadora de ideias genéricas de uma estratégia. A geometria da Tartaruga é considerada como um modelo simples e eficiente de conhecimento heurístico, o qual pode ser encontrado e interiorizado pelos estudantes ao desenvolver seus projetos neste micromundo. Dessa forma, a geometria da Tartaruga transforma-se numa ponte para Polya, ou seja, para a formulação e resolução de problemas através do desenvolvimento do estilo de pensamento mecânico. Surge aqui outro ponto de correspondência entre o pensamento mecânico de Papert e o PC através da formulação e resolução de problemas.

Por fim, ao perceber o potencial do computador para transformar a maneira de pensar e de aprender das pessoas através da programação, Papert lança mão de conceitos e conhecimentos da Ciência da Computação (CC) para propósitos de aprendizagem de outras áreas do conhecimento. Percebeu que um conhecimento importante da CC, a capacidade de construir e utilizar linguagens descritivas para expressar suas ideias ou soluções de problemas, poderia ser aplicado para os propósitos da educação. Ora, o PC como concebido e investigado

atualmente não teria o mesmo propósito? O de reconhecer na Ciência da Computação conceitos importantes para serem usados para propósitos de aprendizagem de qualquer área do conhecimento? Portanto, estabelecemos a equivalência entre PM e PC por compartilharem a mesma relação entre meios e fins: identificam e aplicam conceitos da Ciência da Computação (meios) para alcançar os propósitos de aprendizagem de conhecimentos formais (fins).

4.6.5 - O pensamento reflexivo e suas relações com o pensamento computacional

Para os propósitos desta pesquisa, precisamos construir a ponte que nos leva ao pensamento computacional (PC) a partir do pensamento reflexivo (PR), para assim inserir o PC como um tipo de pensamento reflexivo que traz o elemento inteligência a uma experiência computacional educativa desenvolvida num micromundo computacional. Esse percurso já começou a ser construído quando relacionamos o pensamento reflexivo ao pensamento mecânico através da programação, concluindo que nesta atividade o que se aplica é um tipo de pensamento reflexivo necessário ao cumprimento de um propósito e construção de uma conclusão. Também, já estabelecemos a relação entre pensamento mecânico e pensamento computacional através da programação, de modo que, quando se programa, se desenvolve e se pratica o pensamento computacional. Ora, podemos então chegar ao pensamento computacional partindo do pensamento reflexivo através da programação.

Entendemos que na atividade de programação o PM é naturalmente mobilizado, de acordo com Papert (1985). Durante o desenvolvimento do PM, o PR é mobilizado para construir os significados para a situação problemática, produzindo conclusões que são representadas formalmente pelo programa. Além disso, durante a atividade de programação são mobilizadas as estratégias de pensamento relacionadas à nossa definição de PC. Assim, entendemos que a relação entre PR e PC é estabelecida através da atividade de programação.

A despeito da possibilidade de considerar a programação como o elo de equivalência entre PR e PC, podemos ainda estabelecer essa correspondência apontando algumas evidências sobre o PC na teoria de Dewey(1979) quando concebe e discute o PR.

O PR contempla os processos de análise e síntese para a seleção dos dados importantes em uma situação problemática, e para a elaboração das concepções ou significações sugeridas pelos dados brutos, respectivamente. Esses dois processos de pensamento estão presentes em nossa concepção de PC. O PR contempla o momento em que a solução da demanda é organizada e sistematizada para servir como método a ser aplicado em problemas futuros. Neste sentido, temos a concepção de generalização em função da possibilidade de aplicação e adaptação de ideias e conceitos a novos problemas em experiências diferentes.

A generalização também é aplicada quando se recorre ao arsenal de conhecimentos do aprendiz buscando encontrar um conceito ou regra mais geral para construir a explicação para um caso específico. Nesse sentido, temos outra função sintética do pensamento através da generalização. Outro aspecto se refere à capacidade de tratar o que é novo. Quando isolamos para compreender (análise), e identificamos para classificar ou dividir (síntese), estamos migrando de um fenômeno particular e que parecia único, para contemplá-lo num conjunto de fenômenos que possuem leis e regras em comum, conceitos comuns que os explicam. Assim, a síntese permite generalizações, processo este que também faz parte do conjunto de habilidades contempladas por nossa concepção de PC.

O pensamento reflexivo, em seu nível pleno de desenvolvimento, é concebido por Dewey (1979) como o pensamento científico, o qual contempla a habilidade de decomposição para melhor identificar os fatos que explicam e fundamentam suas hipóteses. A decomposição é empreendida durante a análise da situação bruta, quando se “*decompõe os dados grosseiros ou brutos da observação em certo número de processos mais sutis, não diretamente acessíveis à percepção*” (DEWEY, 1979, p. 193, grifo do autor). A decomposição é uma estratégia de resolução de problemas contemplada por nossa concepção de PC.

O reconhecimento de padrões é outra habilidade aplicada durante a realização de experimentos em que o pensamento reflexivo é posto em prática, durante os quais se aplicam métodos para variar as condições objetivas para observar e comparar, cuidadosamente, os resultados de um grande número de observações e em diferentes condições (DEWEY, 1979). Padrões são identificados nestes experimentos, ao mesmo tempo em que as discrepâncias nas observações são realçadas, com o objetivo de compreender o fenômeno estudado. A postura investigativa em busca de padrões também é uma habilidade contemplada pelo PC.

As relações construídas entre a realidade e sua representação através de uma linguagem formal envolvem o processo de abstração lógica, a qual vai além do que percebe nossos sentidos - a realidade ou problema a ser resolvido - para alcançar e construir possíveis relações entre o que se percebe e possíveis maneiras de representá-las. E dentro do contexto da representação e solução de problemas pela programação, temos que a abstração lógica consiste na capacidade de construir relações entre a realidade e a virtualidade, considerando os recursos tecnológicos disponíveis pela linguagem. E essas relações podem ser entendidas como diferentes formas de representar a realidade na virtualidade, a depender do nível de abstração exigido pelo problema. Logo, a abstração é uma habilidade comum entre o PR e PC.

Das correspondências apresentadas e discutidas, concluímos que as concepções de Dewey para o PR e a concepção de PC assumida nesta pesquisa se enfeixam para construir nossa perspectiva para o PC como um tipo de PR, que pode ser mobilizado e desenvolvido durante as atividades de programação. Essa conclusão, construída com base em evidências teóricas, permaceu em suspensão durante a análise dos dados, durante a qual procuramos por indícios nas ExCEC que pudessem confirmá-la, ampliá-la ou transformá-la.

4.7 - A atividade de programação como contexto para construir relações entre o pensamento algébrico e o pensamento computacional

Papert (1985) assenta que o computador possui uma linguagem matemática natural, e que ensinar crianças a programar essa máquina é uma oportunidade para engajá-las em situações em que a comunicação matemática acontece naturalmente, transformando seu relacionamento e a forma de pensar e aprender esse conhecimento formal. Para nós, isso significa que a linguagem de programação contempla um conjunto de comandos que expressam funcionalidades através de expressões matemáticas. Por exemplo: $soma = a + b$ pode ser um comando escrito em linguagem matemática, que tem a função de somar o valor numérico armazenado na posição de memória identificada pela variável a ao valor numérico armazenado na posição de memória identificada pela variável b , e armazenar o resultado dessa adição na posição de memória identificada pela variável $soma$. Tais expressões matemáticas contidas numa linguagem de programação nos levam a construir correspondências entre a linguagem de programação e a linguagem algébrica utilizada pelo pensamento algébrico para modelar e resolver problemas analiticamente.

Neste contexto, pretendemos agora construir relações entre o pensamento computacional mobilizado durante a atividade de programação e o pensamento algébrico mobilizado durante as construções algébricas, buscando por compreensões sobre como pode acontecer a construção de significados algébricos através da mobilização do pensamento reflexivo de crianças quando engajadas em suas experiências computacionais educativas orientadas pelo pensamento computacional. Assim o fazemos relacionando os conceitos de pensamento reflexivo (DEWEY, 1979) ao processo de compreensão de uma situação problemática, e de pensamento formal (DEWEY, 1979) ao processo de abstração lógica desenvolvido para a construção e representação de significados através de símbolos e expressões algébricas.

Nossa discussão começa pela ordem inversa dos fatos que se sucedem em uma experiência educativa: do resultado ao processo, ou do produto do pensamento real para

alcançar o processo de pensamento (DEWEY, 1979). Vamos ilustrar nossas reflexões através de um típico exemplo de uma aula de aritmética: Eu tinha 3 figurinhas, ganhei mais algumas de minha mãe e fiquei com um total de 10, quantas figurinhas eu ganhei de minha mãe? Vários significados são combinados nessa sentença para formar um significado para toda a sentença: a figurinha é um tipo de brinquedo; o 3 corresponde a quantidade de figurinhas que eu já tinha; eu ganhei mais figurinhas e fiquei com um total de 10 figurinhas. Mas não contei quantas figurinhas minha mãe me deu, e agora gostaria de saber quantas foram. Para compreender essa situação e conseguir resolvê-la, a criança precisa pôr em relevo cada elemento que importa, atribuir ou construir um significado para cada um deles, e por fim relacionar esses significados para construir um significado para a sentença, o que implica compreender a situação problemática estabelecendo as relações necessárias entre o que observa e apreende da situação e seus conhecimentos anteriores. Precisa reconhecer nessa situação os elementos matemáticos explícitos através de sua observação - os números - e os elementos implícitos através da memória e do raciocínio - a operação de adição ou subtração. Para isso, constrói ou seleciona um significado para os números, que neste contexto se relaciona à ideia de quantidade, e também um significado para uma ação que precisa empreender para encontrar a solução pretendida: a ação de adicionar ou subtrair as quantidades identificadas.

Quando passamos dos problemas de aritmética para os problemas de álgebra, podemos reescrever a mesma situação matematicamente da seguinte forma: Se $x + 3 = 10$, quanto vale x ? Essa equação do primeiro grau pode ser utilizada como um modelo matemático para representar a situação real descrita acima. Essa representação de uma situação problemática assume um formalismo pois o que é específico dá lugar a símbolos ou números que podem assumir qualquer significado. Dewey (1979) considera importante atribuir uma representação formal ao resultado de um processo de pensamento reflexivo real, o que significa dar uma forma exata e precisa à conclusão pois uma “atividade verdadeiramente reflexiva termina declarando com exatidão qual é o resultado” (DEWEY, 1979, p. 85), para assim convertê-lo verdadeiramente numa conclusão.

Representar matematicamente uma situação problemática contextualizada significa extrair dela todo o contexto utilizado para desenvolver as ideias matemáticas, transformando-as em conceitos representados por símbolos, pois o raciocínio formal é impessoal, livre de desejos, gostos, atitudes e intenções do sujeito que pensa, o qual precisa moldar seu pensamento à forma já definida (DEWEY, 1979). No entanto, as “formas lógicas não são usadas no ato real de pensar, mas para expor os resultados do pensamento” (DEWEY, 1979, p. 81), pois as

“formas lógicas, tais como se encontram nos compêndios de Lógica, não nos contam como pensamos nem mesmo como deveríamos pensar” (DEWEY, 1979, p. 81). Não evidenciam a maneira real que as pessoas pensam diante das situações problemáticas.

Dessa forma, quando a criança é ensinada sobre esse formalismo, ela consegue relacionar as expressões matemáticas formais às diversas situações que podem representar? Qual significado a criança atribui a essa equação? O que significa x ? O que vemos, normalmente, é um ensino voltado à memorização de procedimentos para manipular os símbolos da equação com vistas a resolvê-la, e encontrar um valor para o x . A aprendizagem se limita a memorizar e aplicar o “procedimento correto”, e muitas vezes, quando perguntada sobre “o que significa x ?”, ela consegue responder apenas que $x = 7$. Acontece o que Dewey (1979) chama de sinais substitutos, quando se refere à repetição inconsciente de palavras que acabam por representar apenas objetos materiais e não mais ideias. Repetições do tipo “basta substituir o valor de x por isso”, “multiplique em cruz”, “se está multiplicando passa dividindo”, “se está somando, passa subtraindo” etc. Os símbolos são manipulados de acordo com certas regras, sem a consciência de seu sentido neste processo, e por isso são chamados de sinais substitutos, por serem utilizados em atividades de natureza simbólica que derivam de regras fixas, sem se atentar para o que significam enquanto são manipulados (DEWEY, 1979). Os símbolos assim manipulados deixam de significar algo e passam a servir apenas para os propósitos de aprender e seguir determinado procedimento fixo.

A ausência de significados relacionados aos símbolos matemáticos se torna ainda mais problemática quando a criança precisa partir de uma situação investigada para construir um modelo matemático que a represente. Quando precisa formular um problema e construir um modelo matemático ou equação para representar uma situação problemática com o objetivo de encontrar sua solução matematicamente, a qual precisará também ser interpretada à luz da situação que a originou. Isso é o que faz o biólogo quando estuda a taxa de crescimento de uma espécie, ou o economista quando constrói funções para estudar as relações entre a oferta e a demanda de determinado produto, ou o médico quando precisa relacionar diferentes quantidades ou dosagens de substâncias para definir o diagnóstico e o tratamento de uma doença, ou o engenheiro quando precisa compreender o sistema de vibração mecânica de um edifício, ou o físico quando precisa construir equações para estudar fenômenos relacionados ao movimento de corpos.

Um exemplo de uma situação problemática que poderia ser representada e resolvida matematicamente seria:

As paradas de ônibus de uma cidade são identificadas pelas letras do alfabeto ao longo de um percurso de uma determinada via. A Figura 11 apresenta as paradas de ônibus de uma rua representada por uma reta numérica. O ponto de parada A está localizado na posição 0 metros da via, e o ponto F na posição 550m da mesma via.

Figura 11 - Paradas de ônibus de uma via dispostas e organizadas ao longo de uma reta numérica. Cada parada é identificada por uma letra do alfabeto.



Fonte: elaborada pela autora.

Sabendo que a distância entre dois pontos de parada vizinhos é sempre a mesma, pede-se: escreva uma equação para representar matematicamente esse problema, e encontre a sua solução para descobrir qual ponto de parada está localizado na posição 1320 metros da via, indicando sua identificação pela letra do alfabeto correspondente.

Uma equação para representar esse problema seria:

$$y = 110 \cdot x \quad (1)$$

Em que y representa a localização do ponto de parada de ônibus na via, em metros, que está a x pontos de distância do ponto de parada inicial, identificado pela letra A. O 110 representa a distância em metros entre dois pontos de parada de ônibus vizinhos, calculada a partir da Figura 11. A solução do problema proposto, em que um determinado ponto de parada está a 1320 metros de distância do ponto inicial da via, é assim calculada:

$$\begin{aligned} 1320 &= 110 \cdot x \\ 1320 &= 110 \cdot x \\ 1320 \div 110 &= x \\ x &= 12 \end{aligned} \quad (2)$$

Um estudo sobre a equação (1) e sua manipulação algébrica poderia nos levar às seguintes perguntas: A variável x representa qual objeto da realidade? O ônibus, a distância entre os pontos ou um ponto de parada de ônibus? E quanto a variável y ?

Para formular essa equação de duas variáveis, o aprendiz precisará construir algumas relações entre os dados da realidade e os símbolos que a representam:

- x é uma variável inteira que representa a posição de um ponto de parada de ônibus em uma via, de acordo com as seguintes relações: $x = 0$ significa o ponto A, $x = 1$ significa o ponto B que está a 110m do ponto A, $x = 2$ significa o ponto C que está a 220m do ponto A, $x = 3$ significa o ponto D que está a 330m do ponto A, e assim sucessivamente.
- O 1320 representa, em metros, a distância entre um ponto desconhecido da via e o ponto inicial A, localizado em $x = 0$.
- O y representa a distância, em metros, de um determinado ponto de parada em relação ao ponto inicial A, o qual precisa ser identificado por uma letra do alfabeto, a depender de sua localização.
- O 110 representa o fator multiplicativo que se aplica à variável x , pois a distância entre dois pontos vizinhos é de 110m. Assim $x = 1$ (o ponto B) está a 110 metros de distância de $x = 0$ (do ponto A), $x = 2$ (o ponto C) está a 220 metros de distância de $x = 0$ (do ponto A), e assim sucessivamente.
- Encontrar o valor de x para essa equação significa encontrar a distância entre o ponto de parada A e o ponto de destino dado pelo problema, em função da quantidade de pontos de parada que os separam, ou da quantidade de pontos que o ônibus precisa percorrer até alcançar seu destino localizado a 1320 metros do ponto inicial. Assim, se $x = 1$, então o ponto de destino está a um ponto de distância, ou 110 metros do ponto A, sendo identificado pela letra B. Se $x = 2$, então o ponto de destino está a dois pontos de distância, ou 220 metros do ponto A, sendo identificado pela letra C, e assim por diante.

Considerando as relações construídas entre cada símbolo da equação e seu significado, bem como as relações construídas entre os símbolos para dar significado à expressão matemática, podemos interpretar a equação (1) da seguinte forma: a distância y do ponto de ônibus em relação ao ponto de origem da reta é dada pela posição que ocupa na reta (variável x) multiplicada pela distância entre cada par de pontos (110m). Neste caso, o ponto de destino que está na posição 1320m da via, equivale a 110 vezes a quantidade de pontos que o separam do ponto inicial da via (o ponto A, na posição zero da via).

O que significa o resultado da equação $x = 12$? Esse número precisa ser interpretado à luz da situação que originou o problema matemático para ganhar um significado pertinente e coerente. Da maneira que interpretamos e formulamos esse problema, temos que o ponto de destino que se localiza na posição 1320 metros da via está a 12 pontos de distância do ponto de

partida A, sendo identificado, portanto, pela letra M. Desta forma, a criança precisaria não apenas “saber como” resolver a equação, mas interpretar o resultado obtido à luz da situação investigada, ou seja, buscar um significado para o número 12 dentro do contexto do problema.

Problemas como esse são clássicos no contexto escolar. Percebemos que a habilidade para formular, modelar matematicamente e encontrar sua solução exige da criança uma capacidade para compreender uma situação problemática permeada por informações, algumas importantes, outras não. Por isso, precisa aplicar a análise para identificar aquelas que importam para a construção da solução, construir abstrações para representar e relacionar essas informações através de símbolos matemáticos criados para rotular os significados correspondentes, formular matematicamente o problema fazendo uso da linguagem matemática de modo a construir as relações lógicas entre os símbolos, manipular matematicamente as expressões construídas fazendo uso de procedimentos matemáticos, encontrar a solução matemática e, por fim, interpretar a solução à luz do contexto que emergiu o problema.

Identificamos nesse percurso um conjunto de processos de pensamento que precisam ser aplicados: análise, síntese, abstração lógica, generalização, raciocínio ou pensamento lógico-matemático, comunicação e expressão da linguagem matemática, conhecimento de procedimentos matemáticos. Diante deste cenário, podemos refletir sobre os motivos das dificuldades das crianças para compreender situações problemáticas que envolvem a matemática com o objetivo de formular, modelar e resolver problemas matematicamente.

Percebemos que mesmo para compreender, formular e resolver situações problemáticas simples, como as apresentadas nos exemplos, as crianças precisam desenvolver complexos processos de pensamento. E, de modo específico, para desenvolver seu raciocínio e comunicação algébrica precisam ser capazes de construir e relacionar abstrações para a realidade investigada, representá-las e manipulá-las matematicamente através de seus símbolos. No entanto, os símbolos só poderão ser manipulados como materiais para o pensamento se possuírem um significado concreto para a criança, o que para Dewey (1979) significa ser capaz de *selecionar, preservar e aplicar um significado específico* ao símbolo criado para representar algo proveniente de uma situação problemática. Dessa forma, temos que pensamento e linguagem (símbolos) não são equivalentes, porém o pensamento se desenvolve tendo como material intelectual significados já compreendidos e representados por seus símbolos, para proporcionar novas aprendizagens pela construção de novos significados que serão representados por novos símbolos. Implica, portanto, reconhecer que o desenvolvimento de atividades intelectuais se fundamenta na capacidade de construir e representar abstrações, pois

“[a vida intelectual] manifesta-se, move-se, existe, nos processos de abstração, generalização e classificação, que apenas são possíveis graças aos símbolos” (DEWEY, 1979, 233).

Se abarcamos a ideia de que o pensamento necessita da *linguagem* para se desenvolver, ou seja, que os *símbolos* são necessários ao pensamento, implica considerar que os *significados* armazenados e transmitidos por eles são necessários ao pensamento, já que por si só não existem, e necessitam de alguma existência corpórea que o represente (DEWEY, 1979). Temos então um pressuposto para a essencialidade da linguagem ou dos símbolos para o exercício ou desenvolvimento do pensamento reflexivo e do pensamento computacional, qual seja, a relação símbolo-significado necessária para selecionar, preservar e aplicar os significados que eles representam e que foram construídos pelo próprio aprendiz.

Selecionar um sentido para si implica atribuir um *nome* para identificar o símbolo e para representar seu significado, estabelecendo um limite, fazendo-o emergir como algo que possui uma existência em si mesmo. Implica representar *o concreto pensado* através de um símbolo para fazê-lo emergir como algo que possui existência própria. Quando uma criança reconhece um significado através de um nome (símbolo) que o representa, significa que esse significado se tornou para ela concreto, e que sua relação com ele está migrando do plano físico para o plano intelectual (DEWEY, 1979), pois é capaz de manipular esse significado no campo das ideias e abstrações.

Preservar o sentido implica tratar o símbolo como um rótulo de algo representado por ele, o qual não precisa estar presente fisicamente para que seu significado seja evocado. Esse rótulo, uma vez estabelecido, permanece para uso futuro, disponível para toda e qualquer atividade intelectual que necessite de seu significado como uma ideia (DEWEY, 1979). *Aplicar um sentido* significa tratar o símbolo como veículo para utilizar seu significado em novos contextos ou situações. Essa transferência de significados de experiências anteriores para experiências futuras permite um crescimento cumulativo da inteligência, pois nos torna capazes de utilizar conscientemente significados já aprendidos para regular a construção de novos significados em novas experiências (DEWEY, 1979). E é a linguagem, representada por seus símbolos, o recurso mais comum que se encarrega de transportar esses significados entre diferentes experiências através do pensamento.

Neste contexto, entendemos a linguagem matemática, ou mais especificamente a linguagem algébrica, como uma maneira formal de representar, expressar e manipular ideias matemáticas. Para tanto, faz uso de um conjunto de símbolos que possuem seus significados padronizados pela própria linguagem. É o caso, por exemplo, dos operadores aritméticos (+, -,

$\times$, $\div$), relacionais ($>$, $<$, $\geq$, $\leq$, $\neq$, $=$), ou operações sobre conjuntos ($\cup$, $\cap$, $\emptyset$, $\in$, $\ni$ etc). Esses símbolos são também combinados para formar sentenças ou expressões matemáticas que tem seu significado construído a depender da maneira como são organizados ou relacionados entre si. Por exemplo, podemos utilizar os mesmos símbolos 8, $\div$, 4, $=$, para construir diferentes expressões matemáticas: i) $8 \div 4 =$; e, ii) $4 \div 8 =$, as quais são compreendidas de modo diferente pois tiveram seus símbolos organizados de maneira diferente. Assim, os sinais matemáticos individuais são instrumentos para organizar os significados segundo suas relações mútuas, os quais podem ser organizados de tal forma a construir sentenças que relacionam de modo intencional seus significados para um fim específico.

Esse fato é ainda mais perceptível quando construímos e manipulamos expressões algébricas, como as equações discutidas nesta seção para modelar e representar situações problemáticas. Cada equação precisa ser formulada para representar e resolver matematicamente um problema específico, de modo que dele provém as exigências necessárias para construir as relações lógicas entre os símbolos matemáticos utilizados na expressão algébrica. Essas relações não são definidas ao acaso. Ao contrário, são abstrações matemáticas construídas para representar as relações matemáticas reais existentes entre os diversos objetos reais identificados na situação, como por exemplo, a relação multiplicativa entre o número 110 e a variável x na equação (1), que representa a distância total entre um ponto de parada de ônibus e o ponto de origem da via. O número 110 foi “escolhido” por se tratar da distância fixa entre quaisquer dois pontos de ônibus vizinhos da via.

Assim, a equação construída é resultado da aplicação do pensamento formal para representar matematicamente a maneira como compreendemos um problema proveniente da realidade, o que exige da criança uma habilidade para compreender e relacionar os significados matemáticos contidos na linguagem matemática. No entanto, as “formas lógicas não são usadas no ato real de pensar, mas para expor os resultados do pensamento” (DEWEY, 1979, p. 81), logo se faz necessário uma compreensão da situação problemática que suscita o problema, o que para os propósitos de nossa pesquisa o fazemos pela mobilização do pensamento reflexivo através de suas fases: sugestão, intelectualização, ideia-guia (hipótese), raciocínio e verificação pela ação. A aplicação do pensamento reflexivo para compreensão e resolução de uma situação problemática tem como resultado uma conclusão, um produto do processo real de pensamento, o qual poderá ser representado formalmente, assim como o fizemos nos exemplos anteriores. Temos então o que Dewey (1979) assenta sobre o *pensamento formal* enquanto *produto* de um processo reflexivo real de pensamento.

Dessa forma, representar matematicamente um problema consiste numa etapa posterior ao desenvolvimento do pensamento reflexivo, em que, depois de construir uma conclusão para a situação investigada, organiza todo o processo em função da solução encontrada e aplica sobre ela o pensamento formal para representá-la através de uma linguagem formal como a matemática, atribuindo impessoalidade e constância, e extraindo dela qualquer indício do contexto (DEWEY, 1979). Sua forma permanecerá constante e imutável, inalterada independente do conteúdo que o preencha.

Fundamentar nossa concepção de aprendizagem de matemática pela experiência educativa implica, pois, contemplar nas experiências computacionais educativas construcionistas tanto o processo quanto o produto do pensamento reflexivo, o que significa oportunizar a mobilização do processo reflexivo para a compreensão e solução da situação problemática, para depois representá-la matematicamente. Isso é o contrário do que acontece numa aula tradicional de matemática em que se privilegia as ideias formais já prontas, sua transmissão, e o treinamento de procedimentos técnicos para resolução de exercícios, ficando à margem da aprendizagem qualquer processo de pensamento real que tente construir possíveis caminhos que levem ou se aproximem do conhecimento matemático alvo do estudo.

Considerando que o pensamento formal se desenvolve sobre as conclusões construídas pelo pensamento reflexivo real, temos que os significados identificados na situação problemática precisam ser relacionados a seus respectivos símbolos matemáticos para serem manipulados matematicamente pelo raciocínio formal. Assim, o pensamento algébrico se trata de um tipo de pensamento formal que precisa ser aplicado sobre as conclusões do pensamento real com o objetivo de construir, representar e manipular abstrações matemáticas para a realidade investigada. O que nos leva a refletir sobre como podemos desenvolver experiências computacionais educativas construcionistas para contemplar ideias matemáticas relacionadas ao conhecimento algébrico com o objetivo de mobilizar e desenvolver o raciocínio algébrico das crianças. Esse é um dos focos de nossa análise de dados, que busca nos dados compreensões sobre como se pode mobilizar o pensamento reflexivo e pensamento computacional durante a construção de programas para favorecer o desenvolvimento do pensamento algébrico das crianças.

Diante do discutido nesta seção 4, estabelecemos algumas relações entre as principais ideias e conceitos desenvolvidos por Papert e Dewey em suas teorias, com vistas a tecer os fundamentos teóricos para suportar nossa investigação em torno de nossa pergunta de pesquisa. Tais relações culminam em três principais conclusões construídas sob as bases de nosso estudo

teórico: 1) um micromundo computacional para desenvolver programas de computador serve para os propósitos de se desenvolver experiências computacionais educativas orientadas pelo pensamento reflexivo e pensamento computacional; 2) nas experiências educativas desenvolvidas através de projetos de programação o PC se faz presente, e se trata de um tipo de pensamento reflexivo que garante o caráter inteligente ao processo de aprendizagem, e; 3) o pensamento reflexivo mobilizado durante a atividade de programação pode favorecer a construção e representação de significados algébricos através da linguagem algébrica formal. Novas evidências sobre como agem e se coadunam pensamento reflexivo e pensamento computacional foram encontradas em nossa análise dos dados que ampliam essas conclusões. Dessa forma, podemos avançar rumo a apresentação e análise dos dados produzidos pelas experiências computacionais educativas construcionistas tendo o PC e o PR como elementos que orientam um processo de aprendizagem pela construção de significados matemáticos.

CAPÍTULO 5

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS:

O que nos contam as histórias de aprendizagem desta pesquisa?

Compreender é inventar
Jean Piaget

Nesta seção, apresentamos os dados produzidos pelas experiências computacionais desenvolvidas pelos sujeitos envolvidos na pesquisa de campo - crianças e professora-pesquisadora. Elas estão organizadas em torno do conceito de experiência educativa, de modo que cada uma delas contempla um conjunto de situações envolvendo os sujeitos que ensinam e aprendem e as condições objetivas do meio - computador, Scratch e sua linguagem de programação, sítios de busca e pesquisa na Internet, cadernos para anotações e apoio ao pensamento, e o tempo necessário para que cada experiência computacional de cada criança ou grupo de crianças pudessem ser desenvolvidas.

Para apresentar e analisar os dados, optamos por construir *histórias de aprendizagens* que narram os fatos, acontecimentos e interações entre as pessoas, pessoas e tecnologias, pessoas e pensamento computacional, e pessoas e matemática. Tendo em vista que os encontros foram desenvolvidos num ambiente naturalístico, onde crianças e professora-pesquisadora interagiram, ensinavam, aprendiam e se divertiam juntos, apresentar os episódios neste formato significa enriquecê-lo de detalhes de uma realidade que traz contribuições para os resultados da pesquisa, pois esta pretende compreender como o processo de aprendizagem de matemática e o desenvolvimento do pensamento computacional acontecem e se transformam dentro de um contexto de experiências reais junto ao computador e junto a pessoas. Cada *feedback* recebido da máquina, comentário ou sugestão de colegas e da professora faz parte desse processo de aprendizagem, que contempla o conhecimento e as relações entre sujeitos que aprendem e tudo que os cercam. Assim, “contar histórias” é uma maneira de aproximar este texto e o leitor da realidade experienciada pelos sujeitos da pesquisa.

As narrativas apresentam o enredo e os dados produzidos a partir dos instrumentos utilizados para a coleta. Delas, pretendemos extrair aquilo que salta aos olhos da pesquisadora

por possuir relações com nossa pergunta de pesquisa: *Como os pensamentos reflexivo e computacional influenciam a construção de significados matemáticos que partem de ideias intuitivas, durante experiências computacionais educativas construcionistas (ExCEC)?* Além das narrativas, apresentamos trechos de programas, imagens das telas dos jogos ou animações construídas e a transcrição de diálogos que se mostram importantes evidências por se relacionarem aos questionamentos levantados. Aplicamos a metodologia *Design Based Research* para orientar o planejamento e desenvolvimento das ExCEC, o que nos deu a liberdade necessária para planejar cada episódio com base em uma pré-análise aplicada sobre o episódio anterior. Essa metodologia se mostrou adequada à uma pesquisa que tenta compreender processos que se desenvolvem num ambiente naturalístico em que muitos dos eventos acontecem de modo natural, sendo demandados ou estimulados pelas ações dos próprios participantes quando expressam seus gostos, atitudes e desejos.

São apresentadas cinco experiências computacionais, identificadas por E_n . A E_1 se diferencia das demais por seus objetivos e pela ausência do computador como um dos recursos utilizados. Acreditamos que antes de iniciar a aprendizagem de qualquer conhecimento, se faz necessário construir relações entre os sujeitos envolvidos. Uma relação horizontal de colaboração, na qual se desenvolve sentimentos de amizade, confiança e empatia, é importante para que a criança se sinta livre para aprender, pois a “liberdade de ação é sempre, contudo, um meio para liberdade de julgamento e para se poder pôr em execução os propósitos tomados” (DEWEY, 1976, p. 62). Logo, pretendemos adotar uma concepção de liberdade sob o ponto de vista do desenvolvimento contínuo de experiências subsequentes, e não considerada apenas na circunstância momentânea da experiência presente, como dependente apenas da regulação das condições objetivas presentes. Assim começamos nossa primeira história de aprendizagem...

5.1 - ExCEC E_1 - O Acolhimento

No dia 3 de junho de 2022 cheguei à Mirim por volta das 7h40. As crianças estavam no refeitório à minha espera. Estacionei meu carro, e fui até lá para me encontrar com elas. Naquela manhã o clima estava um tanto quanto frio, mas a emoção do primeiro dia de encontro aquecia minha mente, trazendo diversos sentimentos e pensamentos: Quem serão meus “alunos”? Quantos estarão presentes? Quais serão suas reações e comportamentos em resposta às atividades planejadas?

Essas e outras dúvidas surgiram como resultado de uma realidade ainda desconhecida, mas principalmente pelas incertezas trazidas pelo recente

retorno das crianças ao convívio social, impedido por cerca de dois anos durante a pandemia de Covid-19. Crianças de 9 a 12 anos de idade que tiveram que se isolar, se mantiveram distantes de pessoas, amigos, família, e das relações sociais vivenciadas na escola. Permaneceram nestes dois anos sem qualquer contato com uma “aula” ministrada por um professor de sua escola, pois suas experiências educacionais neste período se limitaram à disponibilização e entrega de atividades que deveriam ser feitas pelas crianças e enviadas por seus pais a seus professores. Quais seriam suas expectativas para com este primeiro encontro?

Quando cheguei ao refeitório, os encontrei animados, junto às outras turmas de alunos da instituição. Algumas das crianças mais pequenas correram ao meu encontro e me perguntaram: “tia, você vai dar aula pra gente?”. As recebi com um sorriso e respondi que ainda não sabia quem seriam meus alunos. As monitoras organizaram as filas de crianças por turma, me apresentaram a minha turma e fomos caminhando juntos até o laboratório de informática. Pedi que todos se sentassem. Me apresentei. Pedi que se apresentassem, um de cada vez, falando seus nomes e idades. Aproveitei também para perguntar como estavam se sentindo depois de tanto tempo de isolamento social, sem aulas, sem poder frequentar sua escola e a Mirim. Algumas respostas foram: “a pandemia foi chata”, “fiz muitos amigos virtuais”, “tive que ficar em casa por 2 anos”, “covid é chato”, “minha vó morreu, e eu gostava muito dela”, “usar máscara é chato”, “tenho que passar álcool toda hora”, “essa doença matou todo mundo”, “eu gostei porque teve aula online”, “não podia brincar com ninguém”, “eu tenho medo de pegar covid-19 de novo”, “muitas crianças ficaram órfãs”. Acredito que dar voz aos sentimentos das crianças me deu a oportunidade não só de conhecê-las, mas sobretudo de exercer empatia, e de tentar entender as razões de muitos de seus comportamentos, pois como professora precisaria lidar com suas expectativas, frustrações e traumas provenientes de um momento tão difícil para todos. Aproveitei para também contar um pouco de como foi minha vida na pandemia, para perceberem que não

era diferente deles, e construirmos algum tipo de identificação através de nossas experiências de vida.

Após esse momento de bate-papo, disse que estávamos ali para aprendermos juntos sobre computação, programação, robótica e que naquele encontro iríamos brincar, pois através das brincadeiras queria conhecer mais sobre cada um deles, e dar a oportunidade para conhecerem mais sobre seus amigos. Assim, demos início as primeiras atividades de nossa pesquisa de campo, fazendo o que as crianças mais gostam de fazer...brincar!

Desenvolvimento da atividade

Jogamos o jogo Bingo da Amizade. Cada jogador tinha como objetivo completar uma coluna ou linha da cartela do bingo marcando as “bolas” sorteadas, conforme a Figura 12. Participaram da atividade 11 crianças da turma, cada uma delas recebeu uma cartela do bingo (Figura 12) que continha diversas características físicas ou sociais de uma pessoa, e atividades que poderiam gostar ou não de realizar, de modo que cada uma dessas informações compuseram as “bolas” a serem sorteadas no bingo. O objetivo do jogo foi levar cada jogador a relacionar uma determinada característica ou atividade a um determinado colega, para assim levantar questões sobre o quanto eles se conheciam, de modo que as discussões suscitadas serviram para que pudéssemos nos conhecer melhor.

No momento do sorteio, ao ouvir uma determinada “bola”, as crianças tiveram tempo para procurar pela sala algum amigo que possuía tal característica. Ao identificá-lo, escreviam seu nome na cartela do bingo correspondente à “bola” sorteada. Ao terminar o tempo, eu gritava “STOP”. Nesse momento, todos tinham que levantar suas mãos e parar de escrever. Quem não conseguisse finalizar o registro na cartela não poderia mais fazê-lo. A criança que conseguisse preencher uma linha ou coluna da cartela primeiro deveria gritar “Bingo”! Eu, então, conferia se tudo estava correto, lendo para a turma cada característica do bingo relacionada ao respectivo nome do amigo indicado na cartela. Se cada amigo indicado confirmasse a veracidade dessas características, e tudo estivesse correto, então a criança que fez o bingo ganhava o prêmio. Mesmo quando alguém ganhava, a brincadeira continuava para permitir que outros alunos tivessem a chance de conseguir completar a linha ou coluna, até que todas as características fossem sorteadas, quando então o jogo acabava.

Tivemos momentos de muita diversão e descontração. Todas as pessoas participantes- eu (professora) e as 11 crianças - se envolveram desde o início, animados com a brincadeira e

a possibilidade de ganhar pirulitos como prêmio. Pela explicação, acharam que a brincadeira seria fácil, mas depois perceberam que precisavam ser rápidos para ouvir com atenção a “bola” sorteada, localizá-la na cartela do bingo, localizar o colega correto de acordo com a “bola” sorteada, e escrever seu nome no local indicado na cartela. Precisavam articular ação e pensamento com agilidade.

Figura 12 - Cartela do Bingo da Amizade.

Escola: _____ Nome: _____

BINGO VOLTA ÀS AULAS  Professor(a): _____

Turma: _____ Data: _____

ENCONTRE ALGUÉM NA SUA TURMA QUE:

Sabe nadar	Gosta de Matemática	Adora praticar esportes	Tem uma irmã mais velha	Vive escutando música
Gosta de jogar futebol	Tem um irmão ou irmã na mesma escola	Se distrai muito fácil	Tem um cão de estimação	Tem olhos azuis
Tem um irmão mais velho	Gosta de ler livros	Tem olhos verdes	Não sabe nadar	Adora levantar a mão e participar das aulas
Não gosta de ler	Tem um gato de estimação	É filho(a) único	Tem o cabelo preto	É desastrado(a)
Está sempre com sono	Tem um irmão mais novo	Não tem animais de estimação	É um ótimo desenhista	Não gosta de praticar esportes

Fonte: elaborada pelo autora.

Através da brincadeira conseguimos iniciar ou ampliar o relacionamento interpessoal entre mim e as crianças, e entre cada criança e seus colegas. Elas expressaram a maneira como enxergavam a si mesmas e seus colegas, o que foi importante para nos conhecermos melhor e para construir um ambiente de aprendizagem favorável ao trabalho colaborativo. Desenvolvemos a reflexão e a aprendizagem sobre alguns valores: não desista, aprender com os erros, ser honesto e verdadeiro, respeitar o amigo, respeitar as regras do jogo, saber ganhar, saber perder, corroborando a ideia de Dewey (1979) sobre contemplar no processo educativo a discussão, reflexão e aprendizagem sobre valores humanos, cabendo à comunidade escolar “os

hábitos de ativa investigação e de reflexão cuidadosa sobre os importantes e vitais problemas da conduta” (DEWEY, 1979, p. 73). Desenvolvemos um ambiente de aprendizagem lúdico, que foi capaz de engajar e ao mesmo tempo promover a reflexão das crianças.

Partimos de uma situação competitiva para construir situações cooperativas, com o objetivo de estabelecer o princípio da liberdade que controla e ordena o comportamento sem restringir a liberdade individual. Percebemos nesta experiência que não “é a vontade ou o desejo de uma pessoa que estabelece a ordem, mas o espírito dominante em todo o grupo. O controle é social, mas os indivíduos são partes do grupo e não elementos fora da comunidade” (DEWEY, 1976, p. 49). E as ocasiões em que foi necessário um controle exercido por mim enquanto professora, consistiram em exceções, pois “o controle se exerce normalmente pela situação em que as partes estão envolvidas” (DEWEY, 1976, p. 49). Pudemos, então, levar essa forma de trabalho colaborativo, ordenado e controlado pela vontade do grupo social para as próximas experiências, a fim de que “o controle do indivíduo repousa predominantemente nas atividades em curso e nas situações criadas para que elas transcorram normal e frutuosamente. [...] Aí está toda a diferença entre ação arbitrária e ação justa e leal” (DEWEY, 1976, p. 49).

5.2 - ExCEC E₂: Paulo e seus planetas malucos

Esta experiência foi desenvolvida durante dois encontros nos dias 24 de junho e 1 de julho de 2022, gerando quatro episódios identificados por E_{2a}, E_{2b}, E_{2c} e E_{2d}. Teve Paulo como protagonista. Assim começa sua história de aprendizagem...

5.2.1 - ExCEC E_{2a} - a ideia poderosa sobre ângulo

Paulo, uma criança de 10 anos, que cursa o quinto ano do ensino fundamental, não pôde frequentar as aulas da escola regular durante os dois últimos anos devido à pandemia de Covid-19. A escola pública que frequentava não ofereceu aulas no ambiente online e remoto, apenas atividades que eram disponibilizadas digitalmente e deveriam ser desenvolvidas e enviadas à sua professora. Ele gosta muito de música, de dançar, e de jogar *Minecraft*. Está sempre muito alegre, demonstrando entusiasmo com seus projetos no Scratch. Frequentemente chama seus colegas para ver o que construiu. Gosta de explicar como fez, de falar sobre suas ideias, e também de ouvir as ideias de seus colegas. Não possui computadores em casa, nem celular próprio, por isso seu contato com as tecnologias digitais é esporádico, acontece

nas aulas que frequenta na Mirim, ou quando brinca com o celular de sua mãe. Devido a isso, sempre pede ajuda para realizar algo no computador, principalmente quando precisa pesquisar imagens ou músicas na internet para seus projetos. Para isso, tem um fiel amigo que sempre o ajuda: o Vitor. Paulo aprende muito rápido, basta algumas poucas explicações para ser capaz de fazer tudo sozinho da próxima vez. Sobre suas aulas de matemática, diz que não consegue entender muito bem o que seu professor diz, e que é “muito mais legal e fácil” aprender matemática no Scratch.

Neste encontro, Paulo tem uma ideia inicial sobre seu projeto no Scratch: uma animação sobre o Universo. Incluiu nele um cenário e os atores Sol e planeta Terra. Ao explorar os comandos do Scratch, descobriu o comando *Gire x graus*, e o usou para fazer seu planeta girar em torno de si mesmo, simulando o movimento que a Terra faz de rotação, conforme mostra a Figura 13a. Percebeu que ao clicar sobre o comando, a Terra fazia um giro de x graus em torno de si, com x representando a quantidade de graus do seu giro. Surpreso com sua descoberta, decide chamar a professora e pergunta:

Paulo: Como faço para a Terra girar mais, ela está girando pouco

Luciana: Você quer que ela gire uma volta toda sem parar, é isso?

Paulo: Sim, olha aqui ela gira um pouquinho e para.

Luciana: Por que você acha que ela gira só uma vez?

Paulo: Por que é pouco?

Luciana: A quantidade aqui? (aponto para o argumento do comando *Gire*) Aumenta então pra ver.

Paulo: Vou aumentar para 90.

A hipótese de Paulo é que o valor do número utilizado como argumento do comando *gire* (x graus) é baixo, então ele deveria aumentar esse valor. Assim o faz. Altera a quantidade de graus e testa, conforme apresentado na Figura 13b. Percebe que o planeta realiza um giro maior que o anterior e diz.

Figura 13 - Projeto Planetas Malucos de Paulo, versão inicial da ExCEC E2a.



Fonte: elaborada pelo autor.

Paulo: Ele girou mais um pouco, mas não fez o que eu queria.

Luciana: Você quer que ela gire sem parar?

Paulo: Sim.

Luciana: Quantos comandos você usa aqui para fazer ela girar?

Paulo: Um.

Luciana: Então para ela girar sem parar, olha aqui para minha mão. Gira, gira, gira.... O que está acontecendo aqui?

Paulo nem responde, vai direto ao comando de repetição *Sempre* e o insere no local correto do programa (Figura 13c). E ao testar, a surpresa da descoberta.

Paulo: Aí (risos..).

Luciana: Fez o que você queria?

Paulo: Aha. Só que acho que ela está muito rápida.

Luciana: Por que será?

Paulo: O 90 faz ela girar muito rápido. Vou colocar 20.

Luciana: Melhorou?

Paulo: Melhorou.

Luciana: mas será que os habitantes da Terra vão ficar tontos com essa velocidade? (risos...).

Paulo começa a inserir vários valores como argumento do comando *Gire* e a testá-los. Observa o movimento do giro e sua velocidade. Reflete sobre o resultado, se é o que deseja ou não. De repente, um amigo vai até seu computador e dá uma ideia: “coloque o número 1 pra você ver, fica legal!” Paulo atende a sugestão, gosta da ideia e do resultado. Com o objetivo de levá-lo a retomar e refletir sobre suas ações e ideias até alcançar seu objetivo, eu digo:

Luciana: Então você pode controlar a velocidade do giro como?

Paulo: Mudando aqui (aponta com o dedo para o argumento do comando *Gire*).

Luciana: E você sabe o que significa esse número que você está mudando?

Paulo: Sim, o quanto ele vai girar mais rápido ou mais devagar. Se eu colocar o 1 vai girar mais lento, mas se eu colocar aqui o zero (se referindo a transformar o 1 em 10), vai girar um pouco mais rápido. Vou fazer uma maluquice! Coloquei 100 (risos). Olha isso, (risos), não parece que está saindo um raio verde para os lados?

Luciana: Parece, é verdade. É um efeito visual, não é?

Paulo: Vou deixar 10 então.

Luciana: Então você conseguiu o que você queria?

Paulo: Aha. Vou continuar e colocar mais coisas.

Este último diálogo tinha como objetivo não apenas avaliar a compreensão de Paulo sobre o que acabara de descobrir e construir. Não buscava uma resposta “correta”, mas sim levá-lo a pensar sobre o processo pelo qual passou. Ao iniciar o diálogo com uma pergunta, minha intenção foi levá-lo a retomar os passos desenvolvidos para construir a solução de seu problema, levando-o a refletir sobre esse processo sob uma nova perspectiva: a da solução. Dewey (1979) chama este momento de *organização do conhecimento*, no qual acontece a revisão de fatos e ideias experienciados na situação para relacioná-los mutuamente sobre uma nova base: não mais com base na sugestão de solução, no problema ou na hipótese, mas sim sobre a base da conclusão alcançada. Assim, Paulo foi levado a refletir sobre os fatos e ideias pelos quais atravessou a fim de organizá-los e relacioná-los à conclusão construída. Neste diálogo, também acontece o pensar sobre o pensar, e como resultado Paulo teve a oportunidade de refletir sobre seu próprio processo de aprendizagem contribuindo para desenvolver suas habilidades matemáticas relacionadas ao princípio *Estude seu próprio processo de aprendizagem*, e assim se tornar um aprendiz melhor (PAPERT, 1985).

Nesta primeira etapa da ExCEC E2 pudemos evidenciar as fases do pensamento reflexivo de Paulo, mobilizado para construir suas compreensões sobre o que observava e assim resolver seu problema. A Figura 14 ilustra esses momentos.

Figura 14 - Etapas do pensamento reflexivo de Paulo.



Fonte: elaborada pela autora.

A *dúvida* de Paulo o fez paralisar suas ações rumo a seu propósito de fazer a Terra realizar um movimento de rotação ininterrupto. Neste momento, ele tinha uma ideia vaga sobre como formular seu problema ou questão, o que pode ser evidenciado pela diferença entre a sentença de sua *dúvida* (como fazer o planeta girar mais?) e a sentença dada pela *intelectualização* do problema (como fazer a Terra girar sem parar?). Para formalizar seu problema, a ideia vaga inicial precisou ser alvo de discussão e reflexão, para que as condições observadas pudessem ser melhor compreendidas, e o problema tomasse uma forma mais precisa. Junto a sua formulação, as *sugestões* sobre como poderia ser resolvido foram surgindo em sua mente. Quando uma delas pareceu ser mais coerente com o que observava e com meus questionamentos, decidiu escolhê-la como candidata à solução, construindo assim sua *hipótese*. Esta, o levou a *raciocinar* sobre como construir um programa para representá-la: quais comandos são necessários e como organizá-los numa sequência lógica que resolva o problema? A solução em pensamento é elaborada e ganha uma forma concreta através de seu programa, o que o permite testar e *observar* os resultados de suas escolhas. Quando sua hipótese é validada, pôde ser alvo de um teste final ou *validação pela ação*, ou mesmo um refinamento através de novos testes, gerando sua solução final. Esta, passa a ser alvo de um processo de revisão em pensamento, com o objetivo de *organizar* os fatos e ideias que o levaram à solução correta.

A afirmação de Paulo - “vou continuar e colocar mais coisas” - nos indica que o percurso necessário para iniciar e concluir um propósito se dá através de uma sequência de experiências que se sucedem. Veremos na próxima experiência que esta versão parcial de seu projeto serviu

para dar início a outras situações duvidosas e problemáticas que o levaram a mobilizar e desenvolver seu pensamento reflexivo, computacional e matemático em busca de compreensões e soluções, engajado num processo investigativo que oportunizou a aprendizagem matemática através da construção de significados para o que experimentava e observava.

A gênese, as etapas e o resultado do pensamento reflexivo de Paulo

Dewey (1979) concebe o pensamento reflexivo em função de cinco etapas fundamentais, e uma etapa final necessária para organizar e sistematizar o conhecimento desenvolvido na experiência. Evidenciamos neste episódio da ExCEC E₂ que o pensamento reflexivo de Paulo perpassou por todas essas seis etapas, o que foi representado pela Figura 14. Além disso, percebemos que uma situação problemática surgiu como demanda para mobilizar seu pensamento reflexivo, contrariando a prática da escola tradicional de oferecer as *tarefas marcadas* (DEWEY, 1979), situações fictícias criadas com o objetivo de instanciar um problema também fictício. Neste episódio temos o que Dewey (1979) afirma sobre o que deve surgir como oportunidade para se desenvolver o pensamento reflexivo: uma “situação perturbada, embaraçosa, árdua, na qual, a dificuldade, por assim dizer, se difunde, contaminando-a toda” (DEWEY, 1979, p. 113). Por fim, eu e Paulo passamos por um processo de organização de ideias e conhecimentos com o objetivo de consolidar as aprendizagens desenvolvidas com base nas conclusões construídas.

5.2.2 - ExCEC E_{2b} - A ideia poderosa sobre o tempo

Paulo continua seu projeto Planetas Malucos, e me chama para ajudá-lo a resolver o seguinte problema: ele deseja que o planeta Terra gire e diga uma mensagem ao mesmo tempo. Para isso, insere o comando *diga () por x segundos* dentro do comando *Sempre*, mas percebe que o movimento de giro do planeta é interrompido. O planeta Terra estava realizando um movimento de rotação ininterruptamente, conforme o código da Figura 13c, mas após inserir o comando *diga*, o planeta passa a realizar um giro com interrupções, como apresentado na Figura 15. Paulo não consegue perceber o porquê dessas interrupções e pergunta: “Por que o planeta parou de girar?” O que suscita o seguinte diálogo.

Luciana: Mas o planeta está ou não está girando?

Paulo: Não... Quer dizer, tá sim. (Minha pergunta o leva a prestar mais atenção e a perceber que os giros aconteciam e eram intercalados por momentos de pausa no movimento).

Luciana: Então está girando, só parou de girar rápido certo?

Paulo: É, será que é por causa do...(ele altera o valor do argumento tempo no comando *diga* de 4 para 1 segundo, sem terminar a frase).

Luciana: mudou alguma coisa?

Paulo: Mais ou menos, ela está girando, mas bem lento.

Luciana: Mas está mais rápido que antes?

Paulo: Sim.

Luciana: E o que você fez para ficar um pouco mais rápido?

Paulo: Eu diminuí o tempo.

Luciana: Então o planeta gira e depois ele?

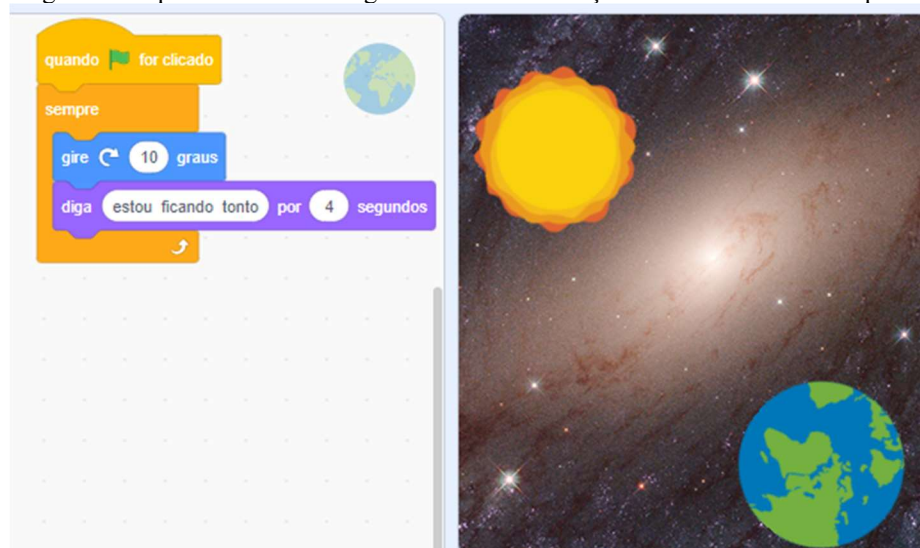
Paulo: Fala.

Luciana: Fala por quantos segundos?

Paulo: Por 1 segundo.

Luciana: E depois, o que ele volta a fazer?

Figura 15 - Código do ator planeta Terra e imagem da tela da animação Planetas Malucos. Experiência E2b.



Fonte: elaborada pelo autor.

Neste momento, pretendia verificar se Paulo compreendia o fluxo de execução serial do programa, se estava claro que os comandos eram executados um após o outro, na sequência e de cima para baixo, conforme uma sequência seriada de um algoritmo. Também, se compreendia como o comando *Sempre* funcionava: quando o fluxo de execução interno ao comando chega ao fim, ele retorna ao início do laço e reinicia sua execução. A resposta de Paulo à última pergunta foi incluir outro comando no interior do laço: *gire 15 graus à esquerda*, conforme Figura 16.

Paulo: Vou fazer ela girar pro outro lado.

Luciana: Por que você colocou outro comando *Gire*?

Paulo: Porque eu pensei que depois que ela falasse, ela ia continuar girando só que para o outro lado.

Luciana: Ela está fazendo isso mesmo, mas é isso que você quer?

Paulo: Não. Eu quero que ela faça assim (faz gestos com sua mão), e fica falando isso enquanto está girando seu corpo.

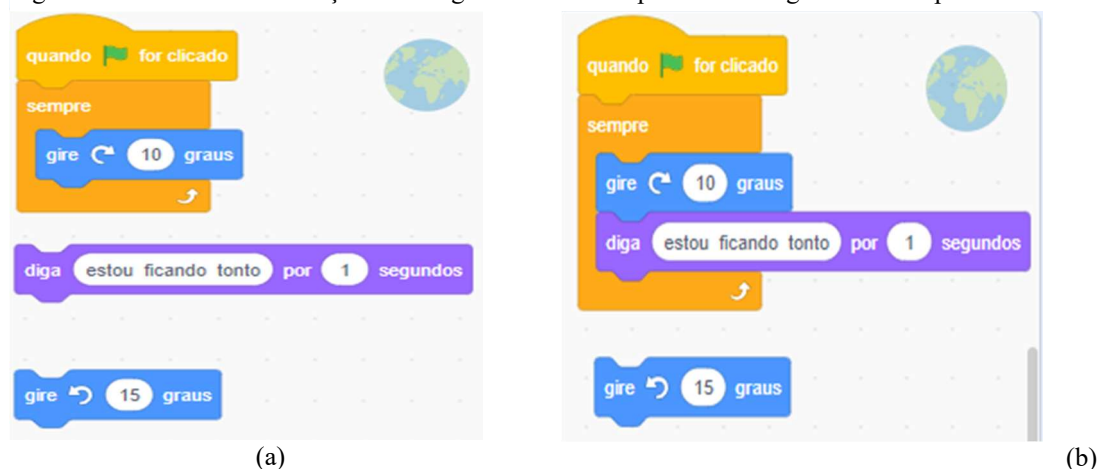
Figura 16 - Código do planeta Terra alterado.



Fonte: elaborada pela autora.

Na sequência, Paulo altera o código interno do laço *Sempre* enquanto explica o que ele quer fazer: deixa apenas o comando *Gire 10 graus à direita* dentro do laço *Sempre*, e observa que o planeta volta a girar de forma ininterrupta (Figura 17a); insere o comando *diga*, e percebe que o giro do planeta acontece com pequenas interrupções (Figura 17b). Neste momento, percebemos pela fala de Paulo que começou a compreender o processo de execução serial do programa, pois enquanto falava, inseria os comandos na ordem que desejava que fossem executados. Ou seja, ao organizar suas ações, teve a oportunidade de organizar suas ideias para compreender a sequência e ordem dos comandos no programa (algoritmo), o que o levou também a mobilizar seu PC para desenvolver o conceito de *algoritmo*. Temos aqui a evidência do princípio matético *Fale sobre seus pensamentos* (PAPERT, 2008) e a organização dos pensamentos em função da ordem das ações, corroborando o que diz Dewey (1979) sobre a ordem do pensamento ser concomitante à ordem da ação.

Figura 17 - Processo de alteração do código: como fazer o planeta Terra girar ininterruptamente?



Fonte: elaborada pela autora.

Ao reconstruir a versão anterior do código, Paulo teve a oportunidade de pensar sobre o que cada comando faz e em que ordem faz, confrontando o que era executado pelo computador com seu propósito, enquanto percebia o que estava errado. Assim, empreendeu seu pensamento reflexivo e pensamento computacional para realizar o *debugging*, a fim de procurar e corrigir seus erros. Ele observou que inserir outro comando *gire* não resolveu seu problema, e voltou o código à versão inicial em que o problema surgiu. No entanto, ele já havia percebido algo interessante sobre o qual precisava refletir:

Luciana: Mas deixa eu te perguntar uma coisa, antes você alterou esse número de 4 para 1 e percebeu que o planeta girou mais rápido. Então o que você pode fazer aqui?

Paulo: Aumentar o tamanho do giro?

Luciana: Pode ser. Ou?

Paulo: Deixa eu ver, vou testar aqui (ele troca o valor do grau de 10 para 20). Mas não aconteceu nada!

Na experiência anterior, Paulo percebeu que poderia controlar a velocidade de rotação do planeta alterando o valor do argumento do comando *Gire*. Ao construir para si esse significado para o comando *Gire*, pôde aplicá-lo na resolução de novos problemas, pois sua “capacidade de utilizar o passado para julgar e inferir o novo e o desconhecido subentende que, desaparecida embora a coisa passada, seu significado subsiste de tal modo, que é aplicável à determinação do caráter da nova” (DEWEY, 1979, p. 231). Isso foi possível pois a experiência em curso se conectou à anterior por ambas possuírem em comum o desejo de Paulo fazer o planeta girar ininterruptamente. A ideia de alterar o argumento do comando *Gire* lhe vem à mente como possível solução - uma *sugestão* - pois existia uma conexão entre os fatos

percebidos e sugeridos, entre observação e sugestão, de modo que “O que se vê é admitido, de certo modo, como o fundamento ou base da crença na coisa sugerida; possui a natureza de uma prova” (DEWEY, 1979, p. 20). Temos aqui a construção de um significado para o que é observado na situação: *o comando Gire altera a velocidade do giro do Planeta, logo, se quero que o planeta gire mais rápido basta alterar o valor de seu argumento*. Evidenciamos, assim, a importância do *significado como fator central do pensamento reflexivo*, o qual irá surgir sempre que os fatos observados e coletados como evidência servirem para construir um significado (DEWEY, 1979).

A ideia sugerida foi transformada em *hipótese* pelo processo de inferência, que constrói as relações entre sugestão e fatos. A inferência é desenvolvida pela reflexão, em pensamento, rumo a uma conclusão, que pode confirmar ou rejeitar a ideia, ou sugestão original (DEWEY, 1979). O próximo passo de Paulo foi testar sua hipótese, pois “O importante é que toda inferência seja uma inferência verificada” (DEWEY, 1979, p. 102). Paulo percebe que sua ideia inicial não satisfaz as condições de seu problema, de modo que essa hipótese foi descartada. A partir daí, acontece um movimento de revisitação da situação, em que Paulo precisou retroceder aos fatos, o que o levou a um ponto de vista (sugestão) diferente, e a novas observações e lembranças.

De fato, evidenciamos que “a legítima inferência contém, primeiro, um salto para uma conclusão sugerida; e, em segundo lugar, experimenta a sugestão a fim de determinar a sua conformidade com as exigências da situação” (DEWEY, 1979, p. 103). Identificamos também o padrão para a ação reflexiva estabelecido por Dewey, o qual “surge nos casos em que há urgência de fazer alguma coisa e em que os resultados da realização põem à prova o valor do pensamento” (DEWEY, 1979, p. 103).

Isso significa que a sugestão inicial serve como guia para as observações, enquanto “Os fatos recém-observados podem causar [...] o aparecimento de novas sugestões, que se tornam guias de ulteriores pesquisas a respeito das condições. Os resultados dessa vistoria verificam e corrigem a inferência proposta e sugerem outra nova” (DEWEY, 1979, p. 108). As ações em pensamento e na prática de Paulo corroboram essa afirmação, pois ele precisou, realizar novas observações, coletar novos fatos, relacioná-los ao propósito, construir novas hipóteses, testá-las para validá-las ou não, ou seja, empreendeu um processo investigativo orientado por seu pensamento reflexivo e computacional rumo a um propósito, o que foi iniciado graças a existência de um problema ou incompreensão que pausou suas ações (DEWEY, 1979).

Ao perceber que sua hipótese não funciona, Paulo afirma:

Paulo: Ele continua na mesma velocidade do de 10.

Luciana: Então muda outra coisa. (Dou um tempo para ele pensar, mas logo percebi que estava paralisado e decidi mediar o processo reflexivo para orientar, organizar as ideias e ações já tomadas, levando-o a pensar nos próximos passos através de questionamentos).

Luciana: Então, se antes você mudou de 4 para 1 e o planeta ficou parado por menos tempo, por que você não altera esse valor para ver o que acontece?

Paulo apaga o valor de 1 segundo e, antes de digitar outro valor em seu lugar, percebe que o planeta começa a girar ininterruptamente. O *feedback* imediato do Scratch permitiu que novas observações fossem feitas antes mesmo de Paulo inserir um novo argumento no comando *diga*, evidenciando a importância das respostas emitidas pelo sistema para alimentar o processo reflexivo a partir da observação, a qual o levou a perceber que conseguira o que queria alterando o valor do argumento do comando *diga*. No entanto, ele não conseguiu construir essa hipótese sozinho, mas precisou “receber” uma sugestão da professora, a qual “deu” a ele uma ideia em forma de pergunta, para levá-lo a pensar. Paulo aceitou essa sugestão, a colocou em prática, testou enquanto possibilidade de solução, e verificou pela reflexão e pela ação que ela resolvia seu problema. Na sequência, Paulo atende a sugestão da professora e inicia um processo de busca pelo “melhor” valor do argumento do comando *diga*, procurando agir, pensar e compreender as consequências de suas ações.

Paulo: Olha!

Luciana: Era 1, e agora o que você pode colocar?

Paulo: Aqui? Zero?

Luciana: Tenta, vamos ver?

Paulo: É, ficou girando do jeito que eu quero!

Luciana: Tá do jeito que você quer?

Paulo: Aha.

Luciana: Então o que aconteceu quando você colocou o zero?

Paulo: Mesmo que ele esteja girando sempre, ele não vai parar porque está zero segundos.

Luciana: Zero segundos não para, exatamente, então ele espera algum tempo?

Paulo: Não.

Luciana: Mas continua falando, só não está esperando?

Paulo: É.

Luciana: Então esse zero segundos faz o “tempo” ficar mais rápido ou devagar?

Paulo: Mais rápido.

Neste episódio da ExCEC E₂, Paulo empreendeu uma investigação para descobrir como duas ações do ator Terra poderiam acontecer ao mesmo tempo: girar e dizer algo. Seu desejo consistia em produzir o efeito do paralelismo de procedimentos, em que dois ou mais blocos de comandos são executados em paralelo pelo sistema, simulando situações reais em que mais de uma ação acontece ao mesmo tempo, como por exemplo caminhar e falar, dançar e cantar, brincar e conversar etc. Isso significa que precisava conhecer e se apropriar de um dos conceitos relacionados ao PC, o paralelismo.

Ele não sabia como alcançar esse objetivo, o que se tornou para ele um problema a ser compreendido e resolvido. Encontrou uma solução que para mim foi inusitada: implementou o *efeito* do paralelismo de procedimentos alterando o tempo de espera que a mensagem fica visível na tela, enquanto o esperado seria a forma tradicional: construir dois ou mais blocos diferentes de comandos para serem executados em paralelo. Embora inusitada, a solução de Paulo produziu o efeito pretendido, o que proporcionou a ele seu primeiro contato com a ideia do paralelismo de procedimentos.

Percebemos durante toda a experiência narrada que Paulo fez uso dos recursos disponíveis pela plataforma para planejar suas ações, colocar o plano em prática, observar as consequências dessas ações, e refletir sobre essas consequências com o objetivo de verificar se alcançou ou não seu propósito. Nesse episódio da ExCEC E₂ identificamos diversas evidências relacionadas aos conceitos de experiência educativa, princípios matéticos, pensamento reflexivo e pensamento computacional, que se coadunam entre si e com a prática de ação e de pensamento do sujeito investigado Paulo, culminando na construção do significado para a ideia de unidade de tempo e proporcionando um contato ainda vago e superficial com a ideia de paralelismo.

Nesta experiência, ambas as ideias – unidade de tempo e paralelismo de procedimentos – não foram tomadas como materiais para iniciar seu processo de transformação rumo à formalização dessas ideias em conceitos matemáticos e computacionais, respectivamente. Esse processo é descrito por Dewey (1979), e acontece na etapa de conceitualização do pensamento reflexivo, o qual toma uma conclusão construída pelo aprendiz para representá-la formalmente através de uma linguagem formal, como a matemática. A ideia de paralelismo de procedimentos irá ressurgir em experiências posteriores de Paulo, sofrendo esse processo de transformação que parte de uma intuição até alcançar sua conceitualização, o que será apresentado e discutido em seções posteriores. O mesmo não acontece com a ideia relacionada à unidade de tempo. No entanto, evidenciamos nesta experiência diversas sinergias entre teoria e prática, as quais serão

discutidas na sequência, apresentando nossas reflexões sobre como poderiam ser interpretadas à luz de nossa questão de pesquisa.

5.2.2.1 - A natureza educativa da experiência computacional

O micromundo *Planeta Malucos* de Paulo construído no Scratch possibilitou que suas subjetividades, expressas através de seus objetivos no projeto, interagissem com as objetividades do ambiente de programação e do meio social, resultando numa *situação*, atendendo assim ao *princípio da interação* de uma *experiência educativa*. Além disso, percebemos a aplicação do princípio do *continuum* experiencial quando as ideias e ações de Paulo foram influenciadas por suas aprendizagens consolidadas em experiências anteriores, de modo que impactaram e ampliaram suas possibilidades de ideias e de ação na experiência em curso. Logo, “devido ao princípio de continuidade, algo é levado de uma [experiência] para a outra. [...] seu mundo, seu meio ou ambiente se expande ou se contrai. [...] O que aprendeu como conhecimento ou habilitação em uma situação torna-se instrumento para compreender e lidar efetivamente com a situação que se segue (DEWEY, 1976, p. 37).

Ao evidenciarmos essas possibilidades para aplicar os princípios da interação e do *continuum* experiencial podemos concluir sobre a *natureza educativa* de uma experiência computacional desenvolvida num micromundo construído no Scratch.

5.2.2.2 - O princípio matético Faça conexões e as conectividades de uma experiência educativa

Outro fato se refere ao conceito de *sugestão* de Dewey (1979), concebido como uma ideia que vem à mente do aprendiz quando diante de um problema que o impede de prosseguir com seu propósito. Percebemos que a ideia de alterar o argumento do comando *gire* surgiu como possibilidade de solução porque a experiência em curso se *conectou* com a experiência anterior, pois ambas possuíam objetivos similares: *fazer o planeta Terra girar ininterruptamente*. Paulo pensou em uma ideia que não estava presente na experiência atual, pois algum fato observado por ele sugeriu algo de uma experiência anterior semelhante por estar a ela conectada, o que foi possível pois o que foi percebido como familiar na experiência em curso se conectou a algum conhecimento já aprendido anteriormente. O que torna evidente a afirmação de Dewey quando diz que “as sugestões que então nos ocorram vêm como funções de nossa experiência passada, não de nossa vontade e intenção presentes” (DEWEY, 1979, p. 49), pois a ideia surgiu à mente de Paulo de maneira espontânea, rápida e natural, como algo que simplesmente acontece. Além disso, o micromundo computacional construído por Paulo

no Scratch o permitiu aplicar os princípios matéticos *Faça conexões* e *Procure algo semelhante que já saiba*. O primeiro foi aplicado quando Paulo conectou seu conhecimento sobre a ideia de tempo para compreender a situação que se apresentava com elementos novos: o uso do tempo igual a zero segundos. Sobre o segundo princípio, Paulo já havia experimentado a ideia de ângulo relacionada à ideia de velocidade de giro, e nesta experiência demonstrou ter aprendido essa relação em experiências anteriores, pois foi capaz de aplicar esse conhecimento como sugestão de solução para o problema que tentava resolver.

5.2.2.3 - O conhecimento proveniente da instrução e a mediação questionadora

A experiência em curso de Paulo contemplou algo de familiar, mas também trouxe algo a mais: ele queria que o planeta girasse e falasse uma mensagem *ao mesmo tempo*. Isso trouxe mais complexidade à experiência, o que exigiu dele um conhecimento que ainda não possuía, para o qual se moveu buscando novas compreensões que o levassem a resolver seu problema. Mas para sair desse impasse, nenhuma ideia além de alterar o argumento do comando *gire* lhe veio à mente. Neste momento o papel da professora foi fundamental. Ela serviu como fonte de conhecimento e inspiração para novas ideias, com o objetivo de levar o aluno a novas aprendizagens através da construção de novos significados para a situação.

Relacionado a isso está a estratégia de mediação desenvolvida e aplicada nos momentos em que o ensino instrucional se fazia necessário, a qual pode ser caracterizada por dois fatores: (i) *liberdade de ideias e de ação*, e (ii) *mediação questionadora*. A *liberdade de ideias e de ação* foi oportunizada pois a proposta de projeto dada deixou em aberto a escolha do tema e as funcionalidades do projeto, com o objetivo de atender ao princípio da liberdade de ação e de pensamento de Dewey (1976), respeitar e suportar a curiosidade enquanto característica inata do pensamento (DEWEY, 1979), servir para despertar o interesse do aluno, enquanto característica de um projeto educativo (DEWEY, 1979), engajar o aluno num projeto pessoal que possua valor para si (PAPERT, 1985), oportunizar a aplicação do princípio matético *Faça algo que tenha sentido para você*, e estimular o interesse e gosto pelo conhecimento científico (abstrato) de maneira indireta enquanto desenvolve um propósito com um objetivo prático (DEWEY, 1979).

Já a *mediação questionadora* pretende responder a uma questão da criança com outra questão elaborada por mim, a professora, para suscitar a reflexão e a busca por respostas através da investigação e exploração pessoal do aprendiz. Quando paralisado por uma dúvida ou problema, Paulo pede por ajuda através de uma pergunta. Neste momento, precisei pensar na pergunta “certa” que levaria Paulo a encontrar aquilo que precisa para resolver seu problema.

Tal estratégia pedagógica difere da pedagogia tradicional que responde a uma pergunta fornecendo a resposta “completa e certa”, tirando da criança a oportunidade de descobrir por si o que precisa para resolver seu problema, impedindo-a de construir os significados para a situação que enfrenta através do exercício de seu pensamento em sua experiência pessoal. Essa estratégia mostrou-se eficaz para levar a criança à reflexão, resultando no surgimento de ideias, construção e teste de hipóteses, reconhecendo a necessidade de identificar e corrigir seus erros quando necessário. Ou seja, através da mediação questionadora foi possível desenvolver um processo de ensino questionador que estimula a reflexão, diferente daquele que transmite a resposta certa, ou o conhecimento pronto e acabado para ser apenas memorizado.

Já na situação em que precisei “fornecer” a Paulo um conhecimento necessário para ajudá-lo a resolver seu problema, temos o que Dewey (1979, p. 253) diz sobre ser restrito o campo da “realidade que o próprio observador para si mesmo abre”, reconhecendo que parte do conhecimento útil para atingir um propósito pode ser proveniente de outras fontes, sendo o professor uma delas. Hoje, além do professor e dos clássicos livros didáticos, temos na Internet uma rica e valiosa fonte de informação. Dewey (1979) afirma serem essas importantes fontes de conhecimento útil em um projeto, desde que atendam a algumas características necessárias para que se convertam em patrimônio intelectual útil para o aprendiz. Para tanto, esse material ou ideias fornecidas devem servir para o propósito da investigação reflexiva; deve se fazer necessário e “envolver um aspecto impossível de ser apreendido facilmente pela observação pessoal” (DEWEY, 1979, p. 254). Também, servir como estímulo ao ato de pensar, e não como um fim em si mesmo; contemplar algo de original, no sentido de abarcar o “interesse pessoal [da criança] na questão, iniciativa pessoal em considerar as sugestões feitas por outras pessoas, sinceridade em segui-las, rumo a uma conclusão verificada” (DEWEY, 1979, p. 255). Os fatos narrados neste episódio da ExCEC E2 ilustram um caso em que essas ideias de Dewey se evidenciam, o que nos leva a reconhecer na mediação questionadora uma estratégia instrucional que atende às características propostas por Dewey (1979) para uma aprendizagem pela instrução.

5.2.2.4 - A relação entre o feedback imediato e o processo reflexivo

Os episódios a e b da ExCEC E2 evidenciaram o importante papel do *feedback* imediato fornecido pelo ambiente de programação do Scratch para alimentar as percepções de Paulo sobre os resultados de suas ações. Paulo agiu sobre os comandos e recebeu imediatamente as respostas dessas ações, as quais foram percebidas e serviram como material para o surgimento

e processamento de ideias pelo pensamento reflexivo, favorecendo a construção de significados para a ideia de ângulo.

Dewey (1979) destaca a importância da observação para o processo reflexivo, afirmando que o que é observado pelos sentidos é utilizado pelo processo de compreensão através da construção de significados. E quando se consegue relacionar as observações a seus significados, identificando e planejando as consequências resultantes das ações, dizemos que *a situação foi compreendida*. Foi o que evidenciamos nas experiências computacionais de Paulo, pois seu pensamento reflexivo foi mobilizado para construir relações entre o que percebia, o que já conhecia e suas ideias através da inferência. Suas hipóteses serviram como guia para seu processo investigativo que buscava validá-las rumo a compreensão e resolução de problemas que o impediavam de alcançar seu propósito.

Diante de situações ainda incomuns, Paulo precisou recorrer à memória buscando experiências similares para refletir sobre elas, procurando por similaridades entre experiências anteriores e a em curso, para a partir da reflexão construir a significação do que observava e as consequências relacionadas às possíveis ações para a experiência atual (DEWEY, 1976). Eis aqui a forma como a *observação* e *memória* se relacionam sob a ação do pensamento reflexivo para a construção da significação, planejamento da ação e suas consequências durante o desenvolvimento de uma experiência.

Dessa forma, destacamos a importância do *feedback* imediato do Scratch para viabilizar as observações necessárias sobre a experiência em curso, favorecendo o processo reflexivo empreendido para construir as relações necessárias à compreensão da situação problemática. Evidenciamos, portanto, uma importante característica das experiências computacionais que as distinguem das experiências desenvolvidas em ambientes não dinâmicos: o poder de ação do *feedback* imediato sob o processo reflexivo. Experiências educativas em que o *feedback* imediato está presente proporcionam respostas às ações dos aprendizes que servirão como material intelectual para o surgimento de ideias, inferência e investigação de hipóteses, favorecendo a construção de significados matemáticos pelo pensamento reflexivo do próprio aprendiz. Ao contrário, experiências matemáticas em ambientes não dinâmicos, como o fazer matemática com mídias tradicionais como o lápis e papel, não fornecem qualquer *feedback* às ações do aprendiz, o qual não terá condições de refletir sobre suas construções e os resultados de suas ações.

5.2.3 - ExCEC E_{2c} - A ideia poderosa sobre o *paralelismo*

Paulo é uma criança muito musical. Costumava se expressar cantando e dançando suas músicas favoritas na sala, convidando seus amigos para participar de suas “brincadeiras dançantes”. Tinha liberdade para fazer suas pesquisas na internet para encontrar recursos para seus projetos, e a música era sempre uma de suas escolhas. Seu gosto pela música o levou a incluir um comando de som em seu projeto Planetas Malucos. Para isso, usou o comando *toque o som () até o fim*, e o inseriu na estrutura de controle *Sempre* (Figura 18a). No entanto, percebeu que isso paralisou o movimento do planeta, e decidiu pedir ajuda à professora. Ela explicou o funcionamento do comando, que toca um som até o fim, ou seja, enquanto a música não termina o programa fica “parado” neste comando, o que pausa o fluxo de execução do programa durante este período. Isso foi o suficiente para levá-lo a substituir esse comando pelo comando *toque o som ()*, que também toca uma música sem, no entanto, pausar o fluxo de execução do programa (Figura 18b). Neste momento, surgiu outro problema, que suscitou o seguinte diálogo.

Figura 18 - Projeto Planetas Malucos de Paulo versão 3: inserindo um comando de som.



Fonte: elaborado pela autora.

Paulo: Ele fica tocando só o começo da música!

Luciana: E por que toca só o começo?

Paulo: Ele toca só esse começo aqui ó. (Ele abre a aba de som do Scratch para mostrar qual parte do áudio é tocada e qual não é tocada).

Luciana: E por que você acha que está tocando só o começo? (Espero um tempo para ele pensar. Sem obter qualquer resposta, volto-me ao código para retomar a sequência de execução do programa para realizarmos juntos o *debugging* a fim de levá-lo a identificar onde está o erro).

Luciana: Olhe para o seu programa. Ele começa aqui na bandeirinha verde, entra no *Sempre*, e qual é o próximo comando?

Paulo: o gire.

Luciana: Isso. Então ele girou um pouquinho. Depois vai dizer algo por zero segundos. Aparece na tela a frase, mas o programa não fica esperando nada. Depois vai para o próximo comando, que é o *toque o som*, e começa a tocar a música.

Paulo: É, só que não toca até o final, toca o começo infinitamente. Então é por causa do *Sempre*?

Luciana: Isso mesmo! E por que será? Ele começa a tocar a música e já vem de novo para onde?

Paulo: Para o gire.

Luciana: Isso!

Eu aponto com o dedo para cada comando conforme conversamos, indicando o fluxo de execução do programa. Meu objetivo é reforçar o conceito de algoritmo e instruí-lo quanto ao *debugging* enquanto estratégia para detectar e corrigir erros, ao mesmo tempo em que damos uma pausa nas ações para organizar as ideias expressas até aqui. Além disso, a explicação dada surge como uma necessidade de Paulo para resolver seu problema, como um conhecimento útil e necessário para a continuidade de sua experiência, complementando suas compreensões construídas através da observação direta (DEWEY, 1979).

Luciana: Então, ele começa a tocar e já vem pro começo do *Sempre* de novo, e faz tudo de novo, mas é muito rápido, não dá tempo de terminar a música e ele já voltou ao comando *toque o som* de novo. Então, o comando começa do início de novo, antes de terminar a música. (A explicação é acompanhada pelo movimento cíclico do dedo indicador, mostrando que os comandos são executados repetidamente e sem interrupções). O comando até tenta continuar tocando, mas antes de terminar, o programa já voltou nele e começa a tocar a música do início de novo.

Paulo: Então vou ter que tirar o *Sempre*?

Luciana: Se você tirar o *Sempre*, qual é o problema?

Paulo: Vai parar de girar.

Luciana: Então tenta, vamos ver.

Através de suas observações e de minha explicação, Paulo compreende o problema e identifica que o erro está no fato do comando não ter tempo suficiente para concluir a música por estar num laço *Sempre*. Suas observações diretas precisam ser complementadas por minhas

explicações, que aqui servem como uma fonte terceira de conhecimento útil para a resolução de uma demanda em uma experiência em curso (DEWEY, 1979). Um conhecimento específico sobre computação, relacionado não apenas às estruturas de controle do programa, mas também à velocidade com que um computador executa o programa, o qual não podia ser acessado pela observação direta.

De posse de suas observações, conhecimentos anteriores e da instrução recebida, Paulo constrói uma inferência relacionando seu conhecimento sobre o comando *Sempre* aos fatos observados, chegando a uma hipótese: se o problema está no *Sempre*, então basta retirar esse comando. Essa inferência é feita por seu pensamento reflexivo para construir as relações entre a sugestão de solução e os elementos da situação presente: condições observadas e conhecimento aprendido anteriormente e lembrado, para inferir uma possível solução em pensamento rumo a uma conclusão, a qual pode confirmar ou rejeitar a ideia, ou sugestão original (DEWEY, 1979).

No entanto, se lembra de experiências anteriores que é o comando *Sempre* que produz o efeito de um movimento de rotação ininterrupto, deixando isso expresso. Mesmo assim, ele inicia um conjunto de ações para verificar se sua ideia está ou não correta, e retira o comando *Sempre*, como apresentado na Figura 19. Acreditamos que a necessidade da prova se deve a dois fatos: à insegurança de Paulo quanto à solidez de seu conhecimento, pois estava a dar seus primeiros passos na programação; e ao fato de uma inferência não poder ser de imediato apreciada, observada pelos sentidos, necessitando de um esforço e trabalho do pensamento sobre ela a fim de verificá-la, pois o “*importante é que toda inferência seja uma inferência verificada*” (DEWEY, 1979, p. 102, grifo do autor). Neste caso, Paulo realizou as duas etapas de um processo de validação concebido por Dewey (1979), a validação em pensamento e a validação em ação, pois “Verificar em pensamento a consistência é agir em *imaginação*” (DEWEY, 1979, p. 103, grifo do autor), enquanto verificar pela ação implica exteriorizar o ato imaginado. Isso foi possível graças à natureza dinâmica do ambiente de programação do Scratch, o qual permite que tanto as provas em pensamento quanto as provas em ação sejam realizadas e verificadas por seu *feedback* dinâmico. Além disso, conforme Papert (1985) temos que as inferências de Paulo ganharam forma concreta através de seu programa, o que consiste na representação formal do seu pensamento, o qual pôde então ser acessado, estudado, compreendido e corrigido para dar origem a outra possível solução, oportunizando o pensar sobre o próprio pensar.

Figura 19 - Projeto Planetas Malucos de Paulo - Investigando as consequências da ação de retirar comando Sempre.



Fonte: elaborada pela autora

Neste momento da experiência, entra em cena o que Dewey (1979) chama de ato de julgar, concebido como “o ato de selecionar e pesar as consequências dos fatos e das sugestões como se apresentam, bem como de decidir se os fatos alegados são realmente fatos e se a ideia em uso é uma ideia boa” (DEWEY, 1979, p. 123). Para tanto, Paulo exercitou sua capacidade de análise sobre os fatos brutos do problema, buscando aqueles que se mostravam importantes e que de alguma forma se relacionam ao problema, para assim realizar o julgamento sobre todos e selecionar aqueles que importavam, pois os “juízos precisam ser não somente certos, mas relevantes para um fim” (DEWEY, 1979, p. 123).

Luciana: E agora o que está acontecendo?

Paulo: Ele está parando de girar.

Luciana: Não é que está parando...

Paulo: Está fazendo o que fazia antes: está girando só um pouco.

Luciana: Uma vez, olha. (Eu executo o código da Figura 19 para Paulo perceber que o planeta gira apenas uma vez).

Luciana: Então ele gira, fala e toca, e acabou. Faz isso só uma vez. E quando está dentro do *Sempre* ele faz isso quantas vezes?

Paulo: Fica girando sempre, e fica falando toda hora, só que quando eu coloco o som, ele não consegue continuar, porque volta pro comando *gire*.

Luciana: Isso mesmo.

Neste momento da experiência fica evidente que para resolver essa demanda é exigido de Paulo sua capacidade de julgar, para a qual precisava desenvolver sua habilidade de análise de dados, fatos e ideias, e de síntese de significados para a situação a fim de inferir possíveis soluções. Sua análise foi aplicada sobre tudo o que observou como resultado de suas ações sobre o programa, o que pode ter suscitado em sua mente diversas ideias sobre as possíveis

explicações para o problema, as quais em pensamento podem ter sido avaliadas e descartadas, pois apenas uma sugestão de solução foi expressa, aquela relacionada à retirada do comando *Sempre*.

Ao ouvir a explicação de Paulo, percebi que ele havia compreendido o problema do porquê o som era interrompido, o que mostra que sua análise conseguiu elencar quais dados importavam. Sobre a síntese de ideias, expressou apenas uma, relacionada ao comando *Sempre*, e inferiu uma possível solução relacionada a esse comando, mas não conseguiu formular outras possibilidades diferentes dessa. Aqui, se evidencia o que Dewey (1979) afirma sobre o fato de que cada sugestão depende das experiências anteriores e pessoais da pessoa e da cultura de sua época.

De fato, Paulo ainda não havia experienciado situações neste micromundo com o comando som. Não havia nenhuma experiência anterior da qual pudesse resgatar algo similar da memória, ou algum conhecimento anterior sobre esse comando que o levasse a ter novas ideias e hipóteses para resolver esse problema, de modo que o único significado construído para a situação estava relacionado ao comando *Sempre*. A ausência de conexão entre a experiência em curso e alguma anterior prejudicou a capacidade de Paulo para sintetizar outras sugestões de solução, pois estas não dependem apenas da análise dos fatos observados, mas também da capacidade de sintetizar um significado para o que se observa a partir de relações construídas entre o que já se conhece e o novo que se apresenta aos sentidos. Quando percebe que está diante de uma situação análoga a uma já vivenciada, começa a procurar por soluções mais adequadas ao problema relacionando o que percebe, mas ainda não compreende, ao que já conhece. Na ausência dessas relações, a confusão e dúvida persistem, e neste caso é “inteiramente inútil exortá-la [a criança] a pensar a respeito, quando ainda não possui experiência própria em condições aproximadas às presentes” (DEWEY, 1979, p. 25).

A etapa de análise, em que Paulo julgou e selecionou os fatos importantes para compreender o problema, foi realizada com êxito. No entanto, a síntese para a elaboração do significado sugerido pelos dados brutos resultou em apenas uma ideia, a qual foi transformada em hipótese, testada e precisou ser abandonada por não ser capaz de resolver o problema. A pobreza de significados apreendidos para a situação prejudicou a capacidade de julgamento de Paulo, a qual depende de quão familiar é a situação atual quando comparada às situações análogas e anteriores, pois o problema que surgiu a partir do uso do comando de som se tratava de algo, em grande parte, novo e desconhecido, em que Paulo não encontrou em seu arsenal de conhecimentos anteriores alguma relação que pudesse ser estabelecida. O que também

impactou a prontidão e variedade das ideias sugeridas enquanto características inatas do pensamento reflexivo (DEWEY, 1979).

Além disso, a cultura vivenciada pelo aprendiz também interferiu no surgimento de sugestões ou ideias (DEWEY, 1979). De acordo com as experiências de vida de Paulo, o familiar consiste na possibilidade de que outras ações possam ser realizadas ao mesmo tempo em que uma música é tocada. Diversas situações vivenciadas nos encontros demonstraram isso: por gostar muito de música, Paulo frequentemente pesquisava por músicas na internet para incluí-las em seus projetos; sempre chamava seus colegas para ouvi-las em seu computador; frequentemente se expressava ouvindo, cantando e dançando suas músicas na sala; se divertia enquanto ouvia e dançava suas músicas. Ou seja, ele estava diante de uma situação contraintuitiva pois, da realidade, extraia situações em que era possível tocar uma música e dançar ao mesmo tempo, o que será evidenciado no próximo diálogo entre mim e Paulo. O *paralelismo de ações* enquanto fato real não era alcançado no micromundo de Paulo, pois lhe faltava o conhecimento sobre o que Papert (1985) chama de *paralelismo de procedimentos* para simular em seu micromundo o que acontecia na realidade: diferentes ações acontecendo ao mesmo tempo. O conhecimento necessário para resolver esse problema faltava a Paulo, mas estava acessível a partir da professora.

Luciana: Então agora eu vou te ensinar uma técnica nova, tá? Quando você quiser que duas ou mais coisas aconteçam ao mesmo tempo, não é isso que você quer? Você quer que toque a música e que o planeta gire e fale. Não são várias coisas ao mesmo tempo?

Paulo: Sim.

Luciana: Por exemplo, faça alguma coisa aí. Dança aí (risos).

Paulo: Desenrola, bate e joga de ladinho (risos). (Enquanto Paulo cantava e dançava, eu fazia o som de *beatbox* com a boca).

Luciana: O que aconteceu? Você dançou e cantou, enquanto eu fiz *beatbox*. Não aconteceu tudo ao mesmo tempo? Você não fez duas coisas ao mesmo tempo?

Paulo: Sim. Então eu teria que trocar de lugar o... (interrompe sua fala para agir).

Paulo, decide trocar o comando de som de lugar, conforme Figura 20a.

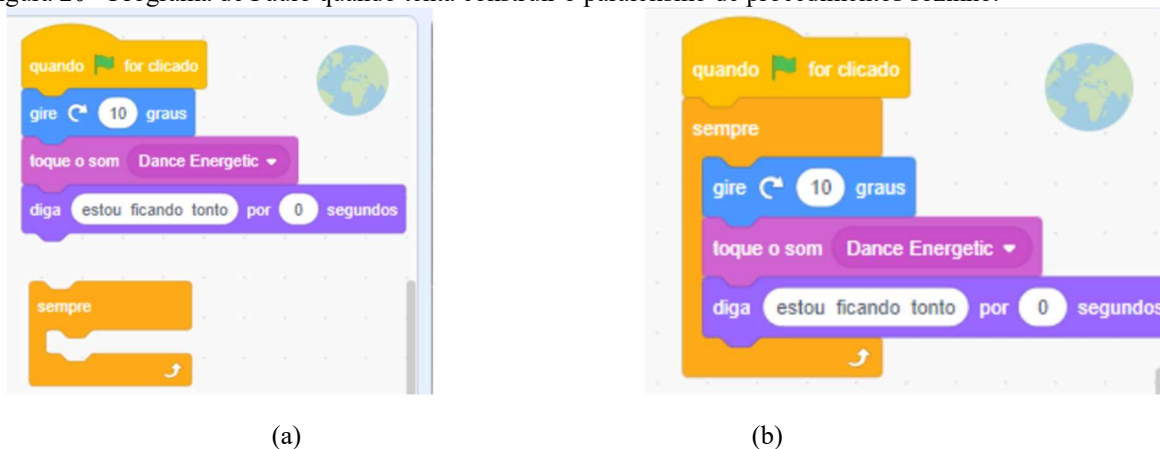
Luciana: Ai, você está trocando o comando de som de lugar. Conseguiu o que você queria assim?

Paulo: Eu vou tentar colocar tudo dentro do sempre de novo.

Paulo estava tentando mexer na ordem dos comandos (Figura 20b), pois não havia percebido que para implementar o *paralelismo de procedimentos* precisava construir outro

bloco de comandos, para ambos serem executados em paralelo. Por isso, continuo com a explicação.

Figura 20 - Programa de Paulo quando tenta construir o paralelismo de procedimentos sozinho.



Fonte: elaborada pela autora.

Luciana: Lembra que eu te falei que a dica para resolver o seu problema é fazer duas coisas acontecerem ao mesmo tempo? As duas coisas que você quer devem ser feitas ao mesmo tempo? Se você fizer desse jeito (Figura 20b), o que você tem é cada ação sendo executada uma de cada vez, uma depois da outra. Se você quer que duas coisas aconteçam ao mesmo tempo você tem que construir outra sequência de comandos. Oh, igual eu e você: você dançou e eu fiz *beatbox*. Você estava fazendo uma coisa, e eu estava fazendo outra. Então aqui (aponto para o bloco de comando já construído), se aqui é a dança, então aqui é o Paulo. Qual é a outra coisa que tem que fazer aqui? (aponto para uma região da área de programação ao lado do bloco de comandos, mas que ainda está vazia, indicando que algo precisava ser construído ali). Tem que construir outra sequência de comandos aqui.

Paulo: Ah, então eu vou pegar aqui oh. Outro desse aqui (Paulo pega outro comando *Quando a bandeira verde for clicada*, pois entende que o novo bloco de comandos deve começar por esse comando).

Luciana: Isso!

Paulo: Eu tô em dúvida se pego o comando *Sempre* ou o *Repita 10 vezes*.

Luciana: O que você quer que seu programa faça: que toque a música para sempre ou que toque apenas algumas vezes?

Paulo: Que toque para sempre.

Luciana: Então pega o comando para isso. (Figura 21)

Paulo: Então agora eu vou pegar o som, e vou tirar esse som daqui (se refere ao comando de som que estava no primeiro bloco de comandos). (Figura 21)

Luciana: Isso. Agora testa, clicando na bandeirinha verde.

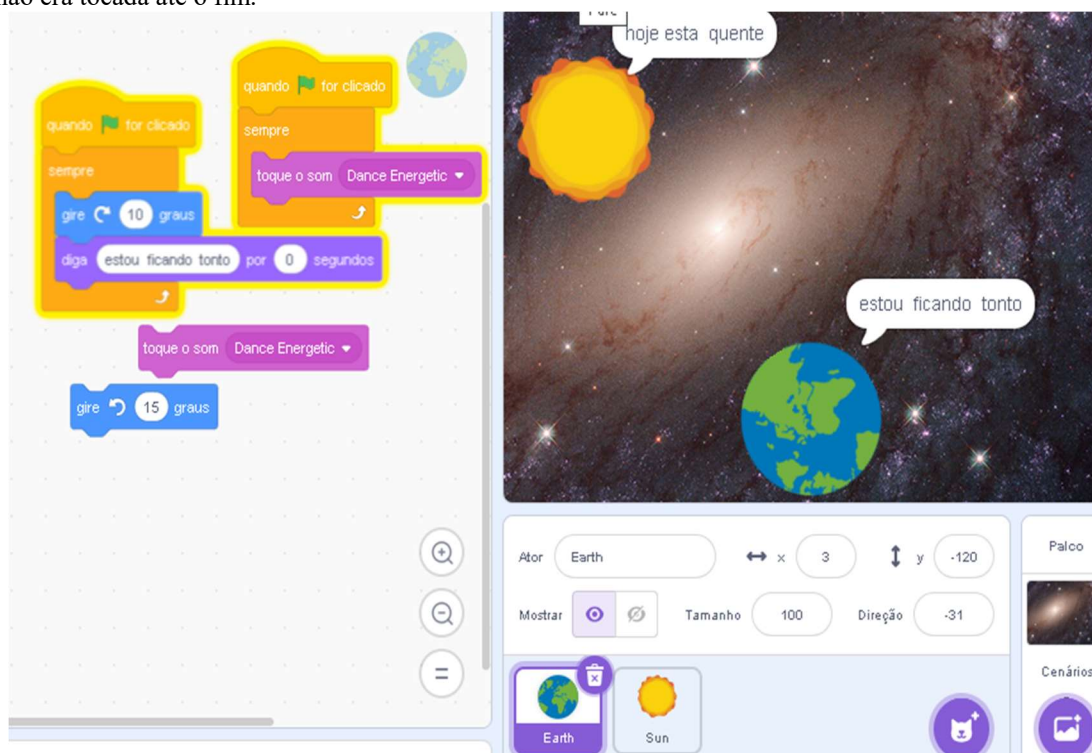
Paulo: Olha, deu certo! Não, peraí!

Luciana: Melhorou? Mas a música está tocando até o final?

Paulo: Não. Espera aí, deixa eu tirar aqui (se refere a tirar o comando *Sempre*, pois percebe que apenas o começo da música estava sendo tocada repetidamente).

Luciana: Que comando você deveria colocar então?

Figura 21 - Versão do programa Planetas Malucos de Paulo, com o paralelismo de procedimentos, mas a música ainda não era tocada até o fim.



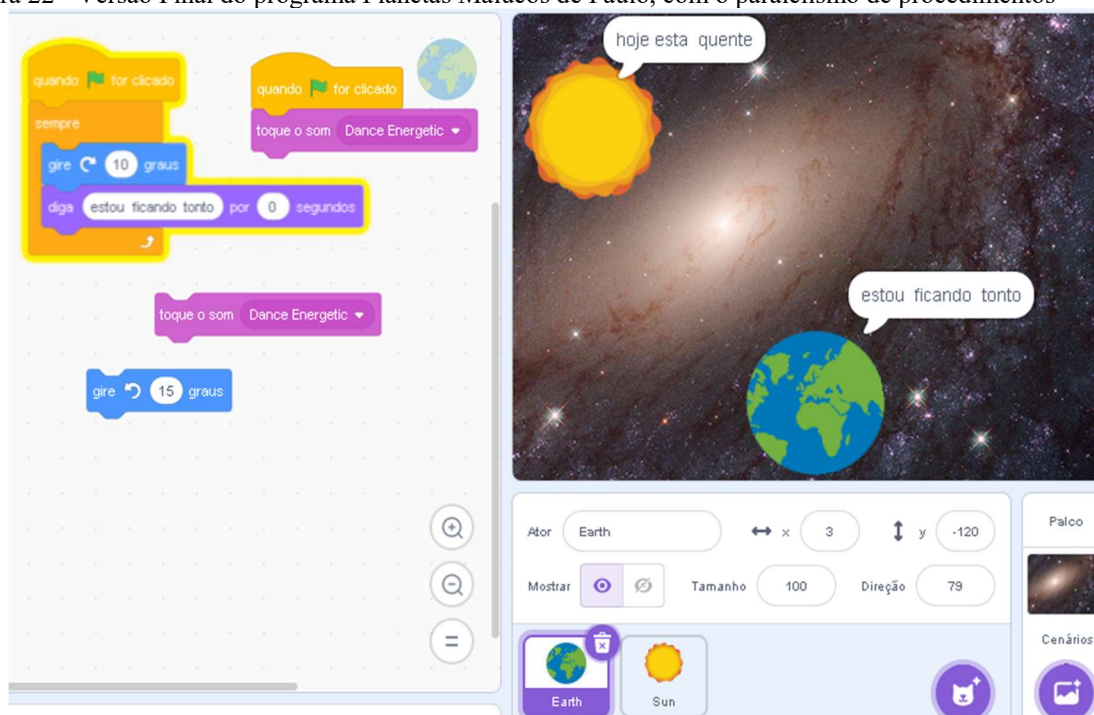
Fonte: elaborada pela autora.

Fiz essa pergunta tentando sugerir a troca do comando *Toque o som* por *Toque o som até o fim*, o que resolveria o problema de tocar apenas o início da música. Mas Paulo tem outra ideia.

Paulo: Espera aí. Vamos ver agora, porque tem que esperar a música terminar, porque ela deixa o programa mais lento.

Paulo decide retirar o comando *Sempre* para verificar se a música toca até o final, o que de fato acontece, como ilustra a Figura 22.

Figura 22 - Versão Final do programa Planetas Malucos de Paulo, com o paralelismo de procedimentos



Fonte: elaborada pela autora.

Luciana: Deu certo?

Paulo: Sim.

Luciana: Legal, não é?

Paulo: Sim.

Luciana: Então olha: quando você quiser que duas coisas aconteçam ao mesmo tempo, para o mesmo ator, que neste caso é a Terra, você tem que construir duas sequências de comandos que vão começar ao mesmo tempo. Olha, começa ao mesmo tempo, não começa? (Aponto com dois dedos para o início de cada bloco de comandos, indicando que o início de ambos se dá pelo comando *Quando a bandeira verde for clicada*).

Paulo: Começa.

Luciana: E vai indo (uso os dedos para mostrar que a sequência de comandos de cada bloco é executada conforme programada). Entendeu?

Paulo: Aha!

Ao retirar o comando *Sempre*, Paulo percebe que conseguiu construir o que desejava, seu propósito é alcançado. O planeta Terra agora gira, fala e toca uma música. Tudo ao mesmo tempo, como apresentado pela Figura 22. A mediação questionadora sobre como implementar o paralelismo de procedimentos no Scratch alcançou o objetivo de se fazer compreender por Paulo, pois ele mesmo conseguiu sugerir o que fazer para construir um segundo bloco de comandos. E assim o faz, indicando que o segundo bloco deveria começar pelo *mesmo comando*

que o primeiro bloco, pelo mesmo evento que, ao ser percebido pelo programa, inicia a execução dos dois blocos em paralelo. Sua sugestão é testada e validada, pois o ator Terra consegue executar as ações programadas em paralelo. Aqui, temos o que Dewey (1979) afirma sobre a importância de transformar as informações ou explicações vindas do professor em um conjunto de conhecimentos úteis para a resolução de um problema específico no decurso de uma experiência pessoal, tirando proveito intelectual daquilo que o professor tem a oferecer e ensinar. Sabendo que o objetivo desse ensino é constituir um patrimônio intelectual de aprendizagem, pretendemos observar nos dados de experiências posteriores se de fato esse conhecimento ensinado sobre paralelismo de procedimentos foi incorporado ao arsenal de conhecimentos de Paulo, ou seja, se tornou-se um conhecimento concreto e disponível para ser generalizado para outras situações, o que será discutido nas seções 5.3.1 e 5.3.2.

E sobre o problema de tocar apenas o início da música, Paulo o resolve rapidamente, pois já havia passado por experiência anterior similar, o que o capacitou a construir em pensamento as devidas conexões e a resgatar de sua memória o conhecimento relacionado ao problema atual, que para ele já era concreto, pois “o meio cultural [seu micromundo no Scratch] fornece os materiais em abundância, facilitando assim o aprendizado construtivo” (PAPERT, 1985, p. 20).

A ideia de retirar o comando *Sempre* lhe surgiu à mente como uma possível solução desse problema. Ele, então, age orientado por essa ideia-guia. Observa as consequências de suas ações e verifica que sua hipótese atende às demandas do problema, concluindo que sua solução está correta. Aqui, acontece o que Dewey (1979) chama de *transferência do pensamento*, concebida como a capacidade de aplicar o pensamento adquirido no tratamento de uma situação ou assunto para lidar com outro assunto ou situação posterior, o que implica ser capaz de generalizar um pensamento de uma a outras situações. Isso foi possível graças à ocorrência das condições estabelecidas por Dewey (1979) para que a transferência de pensamento aconteça: “a passagem da habilidade e compreensão, de uma experiência a outra, é dependente da existência de elementos semelhantes em ambas as experiências” (DEWEY, 1979, p. 73). Percebemos que Paulo generalizou sua compreensão sobre o comando *Sempre*, corroborando a afirmação de Dewey sobre o ato de pensar ser “um processo de *apreender, de modo consciente*, os elementos comuns” entre diferentes situações (DEWEY, 1979, p. 74, grifo do autor).

5.2.4 - ExCEC E_{2d} - a ideia poderosa do *aprender a aprender*

Nesse episódio da ExCEC E₂ aconteceu um momento de reflexão e organização das ideias desenvolvidas pelas crianças em suas explorações de seus projetos. Ao realizar a pré-

análise dos encontros anteriores, e um estudo sobre os projetos pessoais dos alunos, percebi que muitas ideias matemáticas e computacionais haviam sido contempladas e que este seria um momento oportuno para pausar a ação e iniciar uma reflexão e organização dessas ideias rumo a construção dos conceitos a elas relacionados.

As ideias matemáticas que mais surgiram nos projetos estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1- Ideias e conceitos matemáticos que apareceram nos projetos de programação dos estudantes.

	Direção	Números	Ângulo	Unidade de tempo - segundos
Frequência nos projetos	2	6	5	5

Fonte: elaborado pela autora.

Assim, definimos como objetivos desse encontro:

- Discutir as ideias matemáticas que apareceram nos projetos das crianças.
- A partir dos conhecimentos matemáticos explorados de forma intuitiva nos projetos, construir um percurso que as leve a construir seus conceitos matemáticos formais.
- Elaborar e propor problemas matemáticos usando um micromundo construído no Scratch como suporte concreto para o raciocínio matemático das crianças.

Para tanto, adotamos como estratégia uma discussão e mediação com toda a turma, através da qual apresentei problemas matemáticos no contexto do micromundo do Gatinho construído no Scratch, para serem alvos de discussão e reflexão, o que suscitou muitos diálogos e uma interessante e engajadora conversa matemática.

Luciana: Estou aqui no comando *Mova, Mova 100 passos*, olhem só o que acontece. Eu cliquei em cima do comando e ele andou. O que vocês acham, que ele andou bastante ou pouco?

Turma: Pouco.

Luciana: Então se eu quiser aumentar a quantidade de passos para ele andar mais longe, o que eu tenho que fazer?

Turma: Vai no controle e pega o comando de repetir (resposta de um aluno). Só colocar a bandeirinha, pois não tem o começo (resposta de outro aluno). Clica no número 100 e apaga ele (resposta de outro aluno).

Luciana: Isso, não tem começo, mas a minha pergunta é, como faço para aumentar a distância que ele percorre?

Turma: Só clicar no 100 e apagar.

Luciana: Apagar e trocar pelo que?

Turma: Por um número maior.

Luciana: Por um número maior ou menor?

Turma: Maior.

Luciana: Todos concordam? Quem acha que é maior levanta a mão? (A maioria levantou suas mãos).

Luciana: Quem acha que é um número menor? (Ninguém levantou a mão).

Luciana: Vamos ver, vou colocar um número maior. Vou colocar 150. Foi mais longe?

Turma: Foi.

Luciana: Agora vou colocar 10, que seria menor. E aí?

Turma: Muito menor. Nossa foi bem menos. Deu uma pisada e pronto.

Luciana: Então esse número serve para que?

Turma: Para aumentar a distância que ele anda.

Luciana: Muito bem, para distância maior o número tem que ser?

Turma: Maior.

Luciana: E para distância menor?

Turma: Menor.

Nessa discussão, os alunos relacionam o número passado como argumento ao comando *Mova* à distância percorrida, ou a quantidade de passos dados pelo ator. Também foram capazes de construir relações entre os números, comparando suas ordens de grandeza. Tais relações foram construídas sem a necessidade de ministrar uma explicação, aconteceram durante a construção de seus projetos de programação como resultado de suas intuições, de seu conhecimento matemático prévio, e a partir do que observavam como resposta à sua exploração no Scratch. No diálogo ficou evidente que conseguiram relacionar o valor do número à ideia de distância, de modo que, quanto maior o número, maior a distância percorrida. A próxima discussão se inicia em torno da ideia de direção com o objetivo de definir a direção para onde o ator está “apontando”, ou “olhando”, indicando a direção para onde ele deverá andar.

Luciana: E o gatinho está olhando para a direita ou para a esquerda?

Turma: Direita. Esquerda. (Respostas divididas).

Luciana: Olhem aqui para a minha mão. Para a direita ou para a esquerda (Falei e aponte a direção com o braço).

Turma: Esquerda. (Responderam corretamente).

Luciana: E se eu clicar no comando *Mova*, para qual direção ele vai andar?

Turma: Para a esquerda.

Luciana: Então ele vai andar para a direção que ele está apontando?

Turma: Sim.

Luciana: E qual comando eu uso para ver ou mudar a direção dele?

Turma: O de direção (Poucos alunos sabiam disso, o que era esperado, pois esse recurso apareceu em apenas dois projetos, como apresenta o Quadro 1).

Luciana: Isso mesmo.

Eu levanto para mostrar com meu corpo o que acontece com o ator. Aplico o princípio matético *Faça parte do micromundo para brincar de gatinho*.

Luciana: Então, se eu estiver apontando para cá (aponto com o braço e olho para a mesma direção), e fizer isso, oh (Dou um passo para trás, na direção contrária àquela que indiquei com o braço, que era para frente).

Kimberly: Aí você está dando um passo para trás.

Quando questionadas sobre como fazer o ator andar para trás no Scratch, não souberam responder, com exceção do Vitor, que respondeu: “tem que colocar o sinal de menos e o número”. No entanto, ele não disse “inserir um número negativo”, mas sim: “é só colocar o menos e depois o número”. Talvez, o significado do número negativo ainda não tenha sido construído formalmente, o que não o impediu de construir seu próprio significado para o que observava: o sinal de menos indica que o ator vai andar para trás e o número diz a distância que ele vai andar para trás.

Vitor disse que sabia disso pois já havia usado esse recurso em seus projetos, e conseguiu aprender através de minha explicação individual, fornecida no momento em que precisava fazer com que seu ator andasse para trás. Por isso se lembrou e conseguiu responder. Aqui, temos a função da memória como fonte de conhecimentos a serem resgatados e relacionados aos dados observados na situação, para resolver um problema ou dar a solução para uma dúvida. Também mostra a importância da instrução de terceiros, que se torna útil quando fornecida no momento oportuno de uma experiência para atender a uma demanda específica do aprendiz, que precisa de algum conhecimento novo, não acessível pela observação direta, para resolver sua dúvida ou problema, e assim, ser capaz de continuar a desenvolver seu projeto (DEWEY, 1979).

Fiz a demonstração no Scratch do que Vitor acabara de responder, e então questionei a turma sobre o significado do sinal de menos, e as respostas foram:

Turma: Quer dizer que ele vai andar para trás. Para ele voltar os passos que ele quiser.

Luciana: E o número 100, quer dizer o que?

Turma: Que ele vai voltar 100 passos.

Luciana: E o sinal de menos significa o que?

Dessa vez, um aluno disse: “tirar os passos”, um indício de uma matemática mais próxima da formal, pois sua fala mostra que relaciona o sinal de menos à operação aritmética de subtração, aplicada quando precisamos resolver problemas para “tirar” uma quantidade de outra quantidade. A fim de verificar mais indícios sobre a matemática formal, continuei.

Luciana: Então esse número pode ser po...?

Turma: Positivo ou negativo.

Luciana: Mas o que significa um número negativo?

Turma: Abaixo do normal (um aluno), abaixo de zero (outro). (A turma acaba concordando que o “correto” seria abaixo de zero).

Mas na hora de explicar o que seria um número negativo, Vitor volta-se para o que observava no Scratch e diz:

Vitor: se for -1 ele vai andar 1 passo para trás, se for -2 vai andar 2 passos para trás, -3, 3 passos para trás.

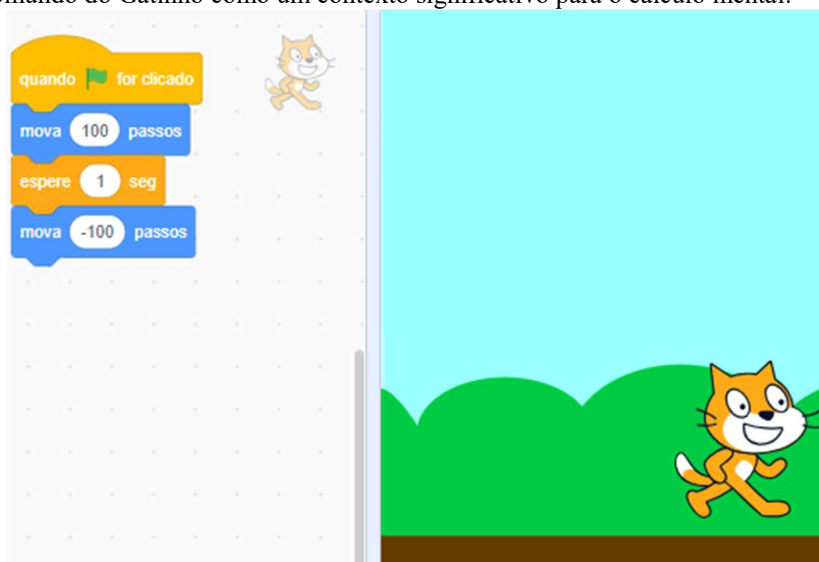
Disso, percebemos que o conhecimento que importa para os aprendizes é o conhecimento útil para alcançar determinado propósito pessoal (PAPERT, 1985). Eles foram capazes de resgatar em suas falas alguns termos provenientes de suas aulas de matemática na escola, mas toda a discussão da turma girou em torno do que o número negativo significava naquele micromundo, e de como afetava o comportamento do ator. Esses fatos corroboram a perspectiva construcionista de aprendizagem que acredita que a criança aprende melhor quando tem a oportunidade de descobrir o conhecimento de que precisa, concebendo o conhecimento como algo valioso para a criança, que necessita dele para executar um empreendimento pessoal e assim alcançar seus objetivos neste projeto. Daí, se justifica a afirmação: “o tipo de conhecimento que as crianças mais precisam é o que as ajudará a obter mais conhecimento” (PAPERT, 1985, p. 135).

Durante a discussão dessas ideias, duas crianças disseram que o que foi discutido as ajudaram a ter novas ideias sobre como poderiam continuar seus projetos, mostrando que o momento de organização das ideias contribui não apenas para sistematizar os conceitos e as aprendizagens desenvolvidas de maneira exploratória e autônoma, mas também estimula o surgimento de novas ideias para novos projetos, pois novos conhecimentos foram construídos,

ampliados e organizados em suas sacolas de bricolador, podendo ser utilizados como instrumentos para a solução de outros problemas.

Na próxima discussão com a turma, investigamos seus conhecimentos sobre as operações aritméticas de adição e subtração desenvolvidas mentalmente, o chamado cálculo mental. Para tanto, usamos o comando *Mova* como um recurso para tornar concreto o raciocínio das crianças, construindo assim um contexto mais significativo para o desenvolvimento de seus pensamentos. Aproveitando a ideia dos próprios alunos sobre o significado do comando *Mova -x* como um comando para *tirar* passos, construí um micromundo com uma sequência de comandos para mover para frente, esperar 1 segundo, e mover para trás, para questioná-los sobre quantos passos o ator havia caminhado ao final do programa. A Figura 23 apresenta o programa construído.

Figura 23 - Micromundo do Gatinho como um contexto significativo para o cálculo mental.



Fonte: elaborada pela autora.

Começamos com os números 100 e -100 como argumentos do comando *Mova*. Apresentei o micromundo do Gatinho, executei o programa e dei início às discussões.

Luciana: O ator parou no mesmo lugar que estava no início?

Turma: Acho que não (Kimberly). Sim (alguns alunos). (Outros tinham dúvida).

Luciana: Quem acha que voltou para o mesmo lugar? Por que?

Turma: Porque ele andou 100 para frente e depois voltou 100 para trás.

Luciana: E quem acha que não voltou para o mesmo lugar? Kimberly, você acha que não voltou para o mesmo lugar?

Kimberly: Não voltou (mas não soube explicar o porquê).

Luciana: E se eu fizer isso. Mova 100 e depois Mova -80 (Altere os argumentos dos comandos Mova do programa da Figura 23).

Turma: Ele vai andar 100 e depois tirar 80 passos (um aluno).

Luciana: Olha! Então ele andou 100 e depois tirou 80. Então no final do programa ele andou quanto?

Turma: 100 uai (um aluno).

Luciana: Ele andou 100 para frente e depois tirou 80 passos, então no final ele andou quantos passos para frente?

Neste momento, o estagiário Pedro, que auxiliava no desenvolvimento das atividades gravando os vídeos, respondeu 20. Ele respondeu minha pergunta prontamente, de forma espontânea, sem hesitar, como se um “aluno” fosse. Talvez, estaria envolvido na discussão, participando em pensamento e sentindo-se parte dela e da turma, e por esse motivo se sentiu estimulado a participar respondendo a pergunta. Vejo nesse episódio algo de positivo, pois a conversa sobre matemática estava tão interessante que acabou por engajar até mesmo quem “não deveria” participar dela por não ser um dos “alunos” daquela turma. O parabeneizei pela participação e, sem explicar a estratégia que ele usou, elaborei outro problema esperando que as crianças pudessem pensar e descobrir qual a estratégia usada por Pedro.

Luciana: Olha pessoal, o Pedro. Uma salva de palmas para ele (risos e palmas).

Luciana: Agora ele andou 150, e voltou 100, no final quantos passos ele andou para frente?

Turma: 50. 20. 100. (Várias respostas diferentes).

A turma inicia uma discussão, cada um justificando suas respostas, para no final concordarem entre si que a resposta seria 50 passos para a frente. Não precisei explicar o raciocínio de Pedro quando deu sua resposta, mas parece que ela ajudou as crianças a pensarem sobre o problema, pois a partir dela desenvolveram suas estratégias de cálculo para encontrar suas respostas. Por fim, um dos alunos se levantou e explicou seu raciocínio: “ele andou 150 passos para frente, depois voltou 100 passos, então ele andou 50 passos para frente”. Todos concordaram com sua explicação e aceitaram sua resposta.

Luciana: Agora, ele vai andar 30 para frente e depois ele vai andar 160 para frente. Quantos passos ele andou?

Turma: Ele andou para frente, e depois para frente de novo.

Turma: Agora complicou.

Turma: Cadê o menos aí?

Luciana: 30 e depois 160.

Turma: 200, 290, 190. (Várias respostas).

A turma começou a pensar sobre o problema, elaborar suas estratégias mentais e arriscar suas respostas. Conforme falavam uma resposta, tentavam se justificar. Por fim, um aluno levantou e disse 190. Perguntei.

Luciana: 190? Por que 190?

Turma: Porque 160 mais 30 é 190.

Luciana: Parabéns. Porque ele andou 30 e depois ele andou mais 160. E na cabeça de vocês, vocês fizeram uma conta, qual foi?

Vitor: 160 mais 30.

Luciana: Todos concordam com o Vitor?

Turma: Sim.

Alterar o “tipo” de problema trouxe uma dificuldade a mais, pois estavam esperando um problema do “tipo subtração”. Eles pararam para pensar, discutiram suas estratégias e respostas, para enfim, chegarem a um acordo sobre a resposta, cuja justificativa todos concordaram. Este é mais um episódio em que, diante de um problema, uma dúvida, tiveram que refrear seus impulsos para refletir, observar o contexto, coletar os dados da situação, identificar quais conhecimentos seriam necessários para resolver o problema, relacionar fatos, ideias e princípios, para construir suas conclusões. Praticaram e desenvolveram seu pensamento reflexivo através da análise, síntese, julgamento e abstração lógica para construir suas conclusões (DEWEY, 1979). E assim contuamos...

Luciana: Agora, ele andou -50, e depois ele andou 100. Quantos ele andou no final?

Yago: 50.

Vitor: Quantos ele andou? 100 - 50?

Esse problema causou uma discussão empolgante! A turma começou a conversar entre si, com mais engajamento que nas anteriores. Cada criança dava sua resposta e se justificava usando como argumento a quantidade de passos que o ator andava para trás e para frente. Diante deste cenário produtivo de ideias, decidi ir à frente da sala para *me colocar no lugar do gatinho e brincar de gatinho*. Usei o revestimento do piso como uma unidade de medida igual a 50 passos, andei 50 passos para trás, depois 100 passos para frente. No entanto, para tornar o processo mais claro, *dividi o problema em três partes*:

- 1 - primeiro, andei 50 passos para trás;
- 2 - depois, 50 passos para frente, mostrando que havia voltado ao lugar de partida;
- 3 - Por fim, andei mais 50 passos para frente.

Neste momento a turma começou a perceber que os 50 passos para trás haviam anulado os 50 passos para frente pois, após isso, o gatinho estava no mesmo lugar de onde começou. Logo, no final do percurso ele havia caminhado 50 passos para frente. Ficou evidente neste episódio que dois princípios matéticos contribuíram para a compreensão da situação: *Faça parte do micromundo* e *Procure algo semelhante que já saiba*.

Além dos princípios matéticos, aplicamos uma estratégia de pensamento relacionada a nossa definição de PC, a *decomposição* e a *composição*. A decomposição do problema em partes menores, e executá-las passo-a-passo, diminuiu sua complexidade e ajudou as crianças a compreenderem o todo da situação, observando o que acontecia em cada uma de suas partes. Após compreenderem cada parte do problema, puderam construir as relações entre cada uma delas para *compor* o todo da situação em função de suas partes, construindo assim suas compreensões sobre toda a situação. Logo, aplicaram a *composição* para relacionar as partes do problema e o compreenderem por completo. Nossa definição para o PC abarca os conceitos de decomposição e composição, assim, assumir essa perspectiva implica reconhecer que mobilizar o pensamento computacional em função da decomposição e da composição durante a compreensão e resolução de situações problemáticas contribui para o aprender a aprender. Isso nos leva a concluir que *nossa concepção para o pensamento computacional possui natureza matética, ou seja, contribui para que as crianças desenvolvam habilidades matéticas*. Essa conclusão já havia sido construída na seção 4 em função do conceito da modularização, o que nos leva a perceber evidências nos dados que corroboram nossa construção teórica.

Após esse momento de formulação e resolução de problemas matemáticos num contexto do micromundo do Gatinho, organizamos as ideias discutidas sobre *o que os números significavam* quando utilizados pelo comando *Mova*. Para a turma, a quantidade de passos ou distância percorrida pelo gatinho. Passamos então a refletir e discutir *o que os números significavam* quando utilizados pelo comando *Espere*.

Luciana: Se eu aumentar esse número aqui do Espere, o que vai acontecer?

Vitor: Ele vai demorar um pouco mais para executar o próximo comando.

Quando perguntei se todos concordavam, ou se tinham outra ideia, a turma respondeu que concordava com o Vitor. Não demonstraram dúvida ou hesitação, no sentido de pausar sua ação para refletir sobre essa questão. Isso indica uma *apreensão direta do significado do número dentro do comando Espere*. Fiz várias alterações nesse argumento do comando, seguido de questionamentos sobre o comportamento do ator, e em todas as respostas a turma demonstrou

compreender o significado do número naquele contexto: o ator espera por mais ou menos tempo, ou o movimento do gatinho acontece mais rápido ou mais devagar.

Decidi, então, inserir o número 1 e perguntei.

Luciana: E se eu quiser mais rápido ainda?

Turma: Coloca o zero. Coloca negativo.

Coloquei o zero, e perceberam que não houve pausa entre os dois movimentos do comando Mova (Figura 23). Os dois aconteceram como se fossem apenas um. E quanto a usar um número negativo? Tentamos inserir um número negativo no comando *Espere* e não conseguimos, pois o comando não aceita números menores que zero. Então, começamos uma discussão sobre os motivos dessa proibição do Scratch: por que não podemos usar um número negativo no comando *Espere*? As crianças começaram a pensar em situações da vida real que explicassem essa limitação do Scratch, quando Vitor disse.

Vitor: Será que é porque não podemos andar com o tempo para trás?

Ele relacionou o que observava no micromundo a suas experiências de vida pois, de fato, em nossa vida o tempo só avança, só “anda para frente” desde o nosso nascimento. Também relacionou essa situação àquelas discutidas nos problemas anteriores, pois para ele o significado do sinal negativo era “andar para trás”. Assim, se usamos o sinal negativo no comando *Espere*, significa que desejamos que o tempo “ande para trás”, o que na vida real é fácil de perceber que não é possível. Ele concluiu.

Vitor: Se não conseguimos andar com o tempo para trás, deve ser por isso que não podemos colocar números menores que zero no comando.

Começamos a refletir sobre sua afirmação, o que levou-me a apresentar e discutir algumas situações da vida real: quantas horas tem um dia? Quando começa um novo dia? As horas que começam no zero caminham só para frente? O tempo volta para trás? Existe alguma hora no relógio menor que zero? Conseguimos voltar no tempo? Essas e outras questões nos levaram a concordar com a afirmação de Vitor.

A discussão sobre “um tempo negativo” se mostrou muito interessante, pois nos levou a refletir sobre como a matemática formal pode ou não se adequar a algumas situações de nossa vida, pois mesmo existindo o formalismo do número negativo, ele não poderia ser aplicado para situações envolvendo tempo de espera. Também serviu para tornar evidente que as crianças fazem uso de suas experiências de vida para construir muitas de suas hipóteses ou explicações sobre o que observam (PAPERT, 1985), e para construir os significados em uma situação

(DEWEY, 1979), indicando que uma experiência pessoal pode convencer muito mais sobre algo do que uma explicação formal e sem sentido dada por um professor.

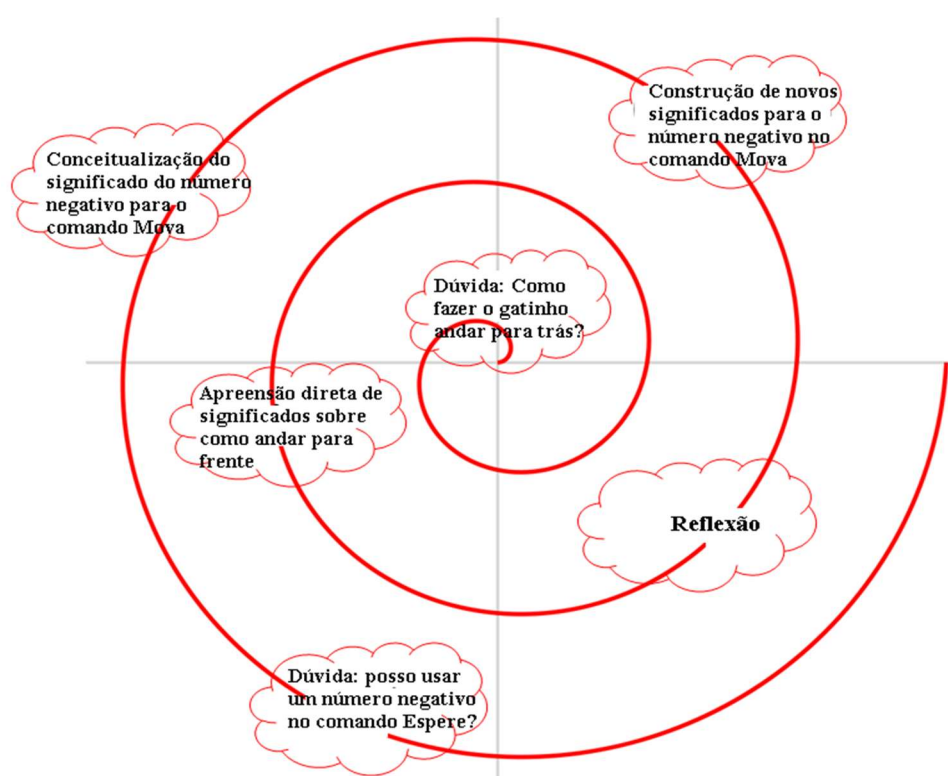
Neste episódio da ExCEC E₂ percebemos que o contexto em que um mesmo número é utilizado interfere na construção de seu significado. A compreensão construída para o significado do número negativo mostrou isso quando utilizado no contexto do comando *Mova* e depois do comando *Espera*. Também observamos que a apreensão do significado do número para o comando *Mova* aconteceu de maneira diferente quando comparada à apreensão para o comando *Espera*. As crianças pareciam estar mais familiarizadas com situações que usavam o número num contexto de tempo, resultando numa apreensão direta sobre o significado do número neste contexto. Outro ponto se refere à apreensão direta do significado de números positivos para construir a compreensão dos números negativos. Evidenciamos o que afirma Dewey (1979, p. 142), que “Progredir verdadeiramente no saber consiste sempre, em parte, [...] no emprego dos significados diretamente apreendidos, como instrumentos de domínio dos significados obscuros e duvidosos”. Assim, numa situação que cause dúvidas, apreendemos o que já nos é familiar para aplicar esses significados no processo de construção de significados do que é novo a fim de melhor compreendê-lo, de modo que o processo de aprendizagem congrega ambas as formas de apreensão ou construção de significados: a direta para os significados familiares, e a indireta e pela reflexão para os significados ainda não compreendidos.

Dewey (1979) aponta que toda construção de significados acontece num contexto, o qual é essencial para que as conexões e observações necessárias à reflexão sejam desenvolvidas. Papert (1985) possui a mesma perspectiva, chamando a aprendizagem que acontece num micromundo computacional de aprendizagem sintônica. Neste sentido, a aprendizagem assim concebida, como uma combinação dessas duas formas de compreensão ou construção de significados (uma imediata e direta, outra demorada, indireta e alvo de reflexão), não depende apenas do objeto a ser estudado, observado e investigado isoladamente ou fora de um contexto. Ao contrário, posto em uma nova situação, pode fazer emergir um novo problema, o qual desperta a reflexão para ser compreendido em novo contexto. Isso pode acontecer mesmo que o objeto já seja familiar, mas o contexto onde agora é percebido faz emergir um novo e desconhecido problema (DEWEY, 1979), como de fato percebemos quando usamos o número negativo em dois contextos diferentes, para o comando *Mova* e o *Espera*. A aprendizagem, pois, implica transformar algo que é desconhecido ou duvidoso, em algo familiar e que possa ser apreendido prontamente em situações futuras, assim que percebido por já ser familiar. Dessa

forma, evidenciamos a mobilização do pensamento reflexivo das crianças durante a discussão, pois pausaram suas ações para refletir sobre o que observavam, para refletir sobre a dúvida posta através de minhas perguntas, e assim construírem os significados para os números a depender do que já conheciam, do que observavam e do contexto em que estava inserido.

O movimento em espiral do processo de aprendizagem das crianças sobre o conceito de número negativo em diferentes contextos pode ser representado através da espiral do conhecimento de Dewey (1979) ilustrada na Figura 24.

Figura 24 - O movimento da espiral do conhecimento das crianças para a compreensão dos significados de um número negativo em diferentes contextos.



Fonte: elaborada pela autora.

A Figura 24 ilustra como se desenvolve a espiral do conhecimento das crianças, iniciada quando questionados sobre como fazer o gato andar para trás. Para compreender esta nova situação, primeiro apreenderam diretamente o “andar para frente”, por ser uma ação já familiar e compreendida. Pausaram a ação e dispuseram-se a pensar, refletir sobre como poderiam resolver este problema de fazer o gatinho andar para trás. Diante de sugestões (ideias), construíram suas hipóteses representadas através de seus programas, testaram-nas, observando os resultados. Durante este processo exploratório e investigativo de construção e teste de hipóteses, novos significados foram construídos para o que observavam e se relacionavam à ideia de número negativo. Por fim, a discussão final da turma teve um papel importante para

consolidar suas compreensões e construir um conceito sobre o número negativo dentro do contexto do comando *Mova*, o qual se tornou disponível para ser generalizado para outras experiências, como de fato aconteceu quando surgiu o problema do *Espere* usando um número negativo.

Temos neste episódio o que Dewey (1979) afirma sobre o processo de aprendizagem pela apreensão para a construção de significados, o qual depende do engajamento do aprendiz em situações práticas, consideradas fontes primárias para a construção de significados definidos e consistentes, pois a “definição do caráter e do significado depende muito menos das variações de forma, tamanho, cor, disposição das partes, do que dos usos, objetivos e funções das coisas e seus elementos” em seus contextos (DEWEY, 1979, p. 145). Além disso, como professora, não fiz uso de “um dos bloqueios mais destrutivos da aprendizagem: o uso do raciocínio formal para refutar intuições” (PAPERT, 1980, p. 175), o que poderia ter sido feito através da explicação do formalismo matemático sobre um número negativo, na tentativa de “forçar” a compreensão do conceito matemático antes mesmo de o compreenderem dentro dos contextos de suas experiências.

Esse contexto para uma aprendizagem sintônica e significativa, chamada por Papert (1985) de micromundo computacional, é propício para a aplicação de muitos princípios matemáticos, o que de fato evidenciamos no processo de aprendizagem das crianças. Nele, primeiro brincamos com os comandos, construímos nossos projetos, exploramos, investigamos as relações entre nossas ações e as consequências sobre o comportamento dos atores. Nesse processo autônomo, exploratório e investigativo, alguns significados para a ideia de número foram construídos, outros não, corroborando a afirmação de Dewey (1979) sobre a limitação da aprendizagem pela observação direta do aprendiz, a qual muitas vezes necessita da intervenção de uma pessoa mais madura em conhecimento para servir como fonte de um conhecimento útil para resolver uma demanda específica dentro de uma experiência pessoal em curso. Por outro lado, Papert (1985) afirma que alguns conhecimentos formais são escassos na cultura da criança, em suas experiências de vida, e por isso não conseguem estabelecer as conexões necessárias entre o que percebe e o que já sabe de experiências anteriores, prejudicando assim o exercício de seu pensamento e sua aprendizagem. Isso ficou evidente nas discussões sobre o “andar para trás”, pois é fato que andar para trás não é algo corriqueiro, nem mesmo usar um número negativo para representar essa ação o é.

Outro ponto interessante se refere à possibilidade de desenvolvermos ideias relacionadas à aritmética dentro de um micromundo computacional. Papert (1985) reconhece a

existência de limitações e dificuldades na aprendizagem das crianças relacionadas à aritmética, e pergunta: qual a origem desses problemas? Seria a falta de compreensão sobre o conceito formal de números? Ou, dificuldades na manipulação dos algoritmos das operações? Evidenciamos que é possível desenvolver as ideias fundamentais da aritmética relacionadas às suas operações usando um micromundo computacional como suporte concreto para o raciocínio matemático das crianças. Inseridas no micromundo do gatinho, as crianças fizeram matemática, desenvolveram seu raciocínio matemático, construíram significados matemáticos e falaram sobre matemática. Tudo isso junto e misturado, de modo que houve continuidade de ideias e de ação, pois elas não precisaram “parar” para pensar em matemática, como se faz numa aprendizagem dissociada, em que primeiro se “aprende matemática”, depois se resolve exercícios para sua aplicação.

Ao contrário, o micromundo do Gatinho proveu as ferramentas necessárias para praticar a bricolagem por integrar a matemática (o abstrato) à atividade de movimento (o concreto) através de uma conexão sem emendas, pois não precisamos interromper nossa atividade de movimento ou de pensar sobre o movimento do gatinho para voltar-nos à matemática; ao contrário, a matemática passou a funcionar como uma ferramenta importante para ser utilizada para alcançar nossos objetivos na atividade. Para Papert (2008), isso significa que, tanto as manipulações físicas, concretas no mundo, quanto as mentais (processos e cálculos matemáticos, por exemplo) acontecem num contínuo, não se distinguem ou se isolam, numa tentativa de diferenciar o que é pensamento concreto ou pensamento abstrato. Ferramentas físicas e mentais que fazem parte de um conjunto de ferramentas, a caixa de ferramentas do bricolador, a qual existe, foi construída pelo próprio bricolador, e está disponível tanto para ser usada quanto expandida para receber mais ferramentas (PAPERT, 2008). Nesse caso, pode-se afirmar que o micromundo do Gatinho possui duas características importantes e poderosas para uma aprendizagem construcionista: encadeamento e continuidade, de modo que esse ambiente se tornou um suporte para o trabalho no mundo que, por sua vez, apoiou o trabalho mental e a aprendizagem da matemática formal.

Neste sentido, evidenciamos nestes episódios que as crianças tiveram a oportunidade de construir suas caixas de ferramentas matemáticas através de seus processos de aprendizagem num micromundo computacional, onde desenvolveram suas experiências computacionais voltadas à construção de significados matemáticos que partem de suas intuições matemáticas rumo aos formalismos matemáticos.

Por fim, enfatizamos que a estratégia da *mediação questionadora* desenvolvida e aplicada em nossa pesquisa com toda a turma abriu oportunidades para os aprendizes se engajarem numa *boa discussão matemática*. Como professora, não precisei desenvolver uma aula instrucional para “transmitir” os conceitos matemáticos, ao contrário, construímos um espaço para oportunizar a ação, observação e reflexão num processo investigativo que oportunizou a construção de ideias, intuições, e significados relacionados aos conceitos matemáticos. Assim o fizemos através de questionamentos que tinham como objetivo orientar a discussão em torno dos conceitos objetos de estudo e previstos no planejamento inicial.

Considerando que “a boa discussão promove aprendizagem” (PAPERT, 2008, p. 93), a mediação questionadora viabilizou a aplicação do princípio matético *Fale sobre seus pensamentos*, contribuindo para que barreiras relacionadas ao medo de falar sobre os próprios pensamentos e sobre a própria aprendizagem sejam, aos poucos, vencidas. Esse receio de estar errado em público resulta no *hábito do silêncio*, o que atrapalha o processo de aprendizagem, pois “Toda aprendizagem beneficia-se da discussão – contanto que a fala seja boa. [...] No entanto, para que a conversa seja boa, deve ter raízes nos interesses reais dos participantes e ser apoiada pelo conhecimento e *experiência*” (PAPERT, 2008, p. 78, grifo nosso), o que de fato foi evidenciado nestes episódios da ExCEC E₂.

5.2.5 Ampliando as discussões sobre a ExCEC E₂

Temos nestes quatro episódios da ExCEC E₂ um movimento de aprendizagem construcionista e pela experiência que envolveu a construção de propósitos (DEWEY, 1976) através de um projeto pessoal (PAPERT, 1985), permeado por problemas que surgiram durante o desenvolvimento da experiência, os quais levaram o aprendiz a desenvolver e pôr em prática seu pensamento reflexivo para construir suas soluções (DEWEY, 1979).

Diversas relações entre o pensamento reflexivo e o pensamento computacional podem ser identificadas nas experiências narradas e analisadas. Percebemos que o PR foi mobilizado para a formulação, compreensão e resolução de situações problemáticas através da construção de programas, correspondendo assim ao *PC em desenvolvimento*, pois durante o curso das experiências computacionais educativas diversas habilidades relacionadas ao PC foram aplicadas e desenvolvidas, o que discutimos a seguir.

Raciocínio Lógico

Foi necessário para impor a ordem às ideias expressas através do programa. Sabe-se que um programa de computador é escrito em uma linguagem de programação, e precisa ser

construído de tal forma que a sequência dos comandos seja organizada com vistas à resolução de um determinado problema. Para isso, aplica-se o raciocínio lógico necessário para ordenar a sequência de comandos (ideias, pensamentos) de modo a obter uma sequência consequencial que satisfaça as exigências do problema. O que também evidencia a aplicação da lógica para organizar um conjunto de ideias sobre como resolver um problema, ou seja, a aplicação do pensamento reflexivo para compreender uma situação real que resultará numa conclusão a ser representada formalmente por um programa, que consiste no desenvolvimento do pensamento lógico como produto do pensamento reflexivo real.

Pensamento procedimental ou algorítmico

Um algoritmo é concebido como uma sequência de passos ordenados de tal forma a se alcançar um objetivo. Um programa consiste nesta sequência ordenada de comandos, a qual serviu para dar forma e expressão às ideias de Paulo e das crianças da turma sobre como resolverem seus problemas. O primeiro contato de Paulo com o conceito de algoritmos aconteceu num contexto que exigiu dele um processo reflexivo para compreender e resolver um problema específico. Dessa forma, teve que mobilizar seu PR para compreender essa situação e construir uma conclusão, a qual, posteriormente, foi representada através de um algoritmo. Assim, Paulo teve a oportunidade de construir um significado para a ideia de algoritmos ao longo de sua experiência computacional desenvolvida para compreender e resolver um problema, durante a qual seu PR também foi mobilizado para construir um significado para esse conceito. Temos, então, que o PR foi mobilizado para construir significados para toda a situação experienciada, incluindo o conceito de algoritmos, o que nos leva a concluir que o PR fora mobilizado para desenvolver o PC em função de um de seus conceitos correlacionados, o algoritmo. Essa conclusão amplia nossas conclusões teóricas sobre as relações entre PR e PC, pois até então considerávamos o PC como um tipo específico de PR mobilizado durante as atividades de programação.

Outro ponto de destaque se refere à linguagem em que esse algoritmo é representado. Uma linguagem de programação que serve para representar o produto do pensamento reflexivo mobilizado para compreender e resolver um problema. Um produto de seus pensamentos que poderá ser compreendido e executado por uma máquina que fornecerá um *feedback* imediato como resposta a essa execução. Tais possibilidades impactam a relação entre linguagem e significado e entre pensamento reflexivo real e pensamento lógico formal, pois viabiliza representação formal dos significados no mesmo ambiente em que esses significados são construídos: no micromundo computacional onde a experiência computacional é desenvolvida.

Também impacta o processo reflexivo mobilizado para a construção de significados, como discutido no próximo tema relacionado à automação.

Automação

A automação acontece sempre que determinada solução construída assume uma representação formal que pode ser compreendida e executada por uma máquina ou computador. De fato, os programas construídos pelas crianças puderam ser lidos, compreendidos e executados pelo computador. Temos aqui o produto do PR, representado por um programa, que automatiza uma solução de um problema, de modo que o PR é mobilizado para desenvolver o PC através da automação.

Representar formalmente a conclusão do pensamento reflexivo através de um programa traz implicações para o processo reflexivo empreendido para construção de significados, uma vez que o programa poderá ser testado e os resultados dos testes poderão servir como material para novas reflexões. Os *feedbacks imediatos e mediatos* emitidos pelos testes alimentam o processo de aprendizagem pela construção de significados construídos pelo próprio aprendiz, que poderá refletir sobre os resultados de suas ações sobre o programa, se suas hipóteses sobre como resolver o problema estão corretas ou precisam ser corrigidas. Isso significa que mobilizar o PC em função da automação amplia as possibilidades de aprendizagem pela experiência educativa de Dewey (1976; 1979) à medida que o *feedback* da máquina amplia as possibilidades de observação do aprendiz sobre a situação dando a ele maior autonomia sobre seu processo reflexivo. Dessa forma, entendemos que o PC em função do conceito de automação potencializa a ação do PR mobilizado para investigar, compreender e resolver uma situação problemática, impactando também o processo de aprendizagem pela construção de significados que depende do PR.

Paralelismo

Processo caracterizado pela execução simultânea de dois ou mais procedimentos, ou seja, quando dois ou mais procedimentos são executados em paralelo. Tal natureza fazia parte do desejo inicial de Paulo, que queria que o planeta girasse e falasse ao mesmo tempo. Numa primeira versão, mesmo não implementando expressamente o paralelismo em seu código, pois o comando *gire* e o comando *diga* foram organizados e executados em série, ele alcançou o *efeito* do paralelismo que desejava atribuindo zero ao parâmetro do comando *diga*, o que foi suficiente para atingir seu propósito. Já no terceiro episódio de E2, o paralelismo de procedimentos foi implementado expressamente via código, proporcionando novas

aprendizagens sobre esse conceito. O desejo de simular situações executadas em paralelo evidencia a afirmação de Papert (1985) quando enfatiza sobre a necessidade de um sistema computacional ser capaz de implementar o paralelismo de procedimentos para assim atender a demandas provenientes da própria realidade das crianças, pois se movimentar e falar consistem em ações realizadas em paralelo que fazem parte do seu cotidiano, por exemplo.

Além disso, evidenciamos a relação entre PR e PC para desenvolver o paralelismo enquanto estratégia de pensamento e de resolução de problemas de Paulo, o qual mobilizou seu PR para observar a situação e formular seu problema, levando-o a compreender que o conhecimento novo que precisava aprender estava relacionado ao paralelismo de procedimento. Temos novamente evidências da aplicação do PR para desenvolver o PC em função da ideia do paralelismo, o que também amplia nossas conclusões teóricas sobre esse tema.

Decomposição e Composição

Em diversos momentos precisamos dividir nossos problemas em partes menores para compreender a totalidade da situação. Paulo assim o fez quando “montou” e “desmontou” seu código, testando cada comando em separado, incluindo outros, testando novamente, até perceber o que funcionava e o que não funcionava. Quando encontrou uma versão correta, pensou em como prosseguir a partir dali. Também o fizemos quando nos colocamos no lugar do gatinho para compreender as etapas que formavam seu movimento por completo. Temos, então, evidências de que decomposição e composição são estratégias de pensamento que favorecem a aprendizagem pela construção de significados para o que se observa numa situação problemática, levando-nos novamente a concluir a natureza matética do PC em função dos conceitos de composição e decomposição.

Modularização

Paulo precisou dividir seu código em partes menores para encontrar os erros que o impedia de funcionar. Ele aplicou a estratégia de dividir seu problema em partes menores, cada uma das quais sendo responsável por resolver uma parte do problema total. À essa estratégia Papert (1985) chama de *modularização*, aplicada para construir programas estruturados em função de seus módulos, cada um dos quais sendo responsável por implementar uma das funções necessárias para construir a solução do problema.

Temos nas experiências de Paulo evidências do que Papert (1985) afirma sobre a importância da modularização para a aprendizagem a partir da identificação e correção de erros,

pois ao dividir seu código em partes menores foi capaz de identificar os erros e corrigi-los, ou seja, a modularização foi uma importante estratégia de pensamento para favorecer o *debugging*.

Paulo também aplicou a modularização sobre o problema para dividi-lo em função das ações que deveriam ser executadas, com o objetivo de encontrar aquelas que deveriam ser executadas em paralelo. A estratégia da modularização facilitou a compreensão de que alguns sub-procedimentos são executados ao mesmo tempo, o que poderia ser difícil de ser percebido sem ela (PAPERT, 1985).

Nossa concepção de PC contempla o conceito de modularização como concebido por Papert (1985). Dessa forma, temos outras evidências que relacionam PR e PC, quando o PR foi mobilizado para construir o significado para a ideia de modularização e assim desenvolver o PC de Paulo em função dessa estratégia de pensamento.

5.2.6 - Relações entre PR e PC - o que mais os dados nos mostram?

Percebemos que a construção do significado para os conceitos do pensamento computacional aconteceu no decurso do pensamento reflexivo mobilizado para a compreensão e resolução dos problemas que permearam o projeto das crianças. Para compreender as ideias e conceitos relacionados ao PC e serem capaz de pô-los em prática como estratégias de resolução de problemas, precisaram empreender seu pensamento reflexivo no decurso de sua investigação rumo a resolução dos problemas, como por exemplo na situação problemática relacionada a fazer o planeta Terra falar, girar e tocar um som, tudo ao mesmo tempo.

Na narrativa sobre Paulo e seus Planetas Malucos, embora compreendesse a ideia do paralelismo de suas experiências reais de vida, inseri-la no contexto de seu micromundo exigiu dele uma pausa para a reflexão, e uma busca por novos conhecimentos sobre como implementar o paralelismo de procedimentos. Assim, encontramos na ExCEC *Planetas Malucos de Paulo* as seguintes características que evidenciam a mobilização do PR para desenvolver o PC:

1. A existência de situações problemáticas no decurso de um projeto, o que paralisou suas ações;
2. A necessidade de refletir sobre os problemas para construir suas soluções;
3. A necessidade de empreender um processo investigativo para compreender e resolver os problemas;
4. A construção de novos significados a partir da apreensão de significados já conhecidos e identificados na situação. Por exemplo, o significado do comando *Sempre* foi apreendido para construir o significado para o paralelismo.

Essas evidências indicam que Paulo precisou mobilizar e desenvolver seu pensamento reflexivo para investigar, apreender significados, construir significados e por fim aprender os conceitos relacionados ao PC que surgiram em seu projeto, o que significa desenvolver e aprender a como pôr em prática seu pensamento computacional para compreender e resolver situações problemáticas quando engajado em experiências computacionais educativas. Concluimos então, que o PR foi desenvolvido e mobilizado para a construção de significados relacionados ao PC, e como consequência temos a aprendizagem de conceitos do PC através do PR, o que estende nossas conclusões teóricas sobre as relações entre PR e PC identificadas apenas na teoria.

5.2.7 - Quais matemáticas apareceram nestas experiências?

A livre iniciativa para escolher o tema e o tipo de projeto a ser construído no Scratch abriu oportunidades para que diferentes ideias e conceitos matemáticos surgissem e se desenvolvessem, a depender dos interesses pessoais de cada criança. Isso é uma das evidências de que as experiências computacionais num micromundo computacional construído no Scratch abriu oportunidades para que experiências matemáticas fossem desenvolvidas para a construção de significados matemáticos.

Nos dois primeiros episódios da ExCEC E₂, Paulo manipulou as ideias de ângulo e de unidade de tempo. Ele cursava o quinto ano do ensino fundamental em uma escola pública, e havia ficado os últimos dois anos sem aulas presenciais ou remotas devido à pandemia de covid-19. Quando questionado se havia aprendido ângulos e unidades de tempo na escola, sua resposta foi negativa. Então, com base em qual conhecimento Paulo foi capaz de manipular e elaborar ideias relacionadas a esses dois conceitos matemáticos?

Nesta situação percebemos que se concretiza o que Papert (1985) chama de conhecimento proveniente de uma aprendizagem natural, aquela que acontece em nossas rotinas de vida e sem ensino deliberado. Usar números para representar ângulos pode tornar a ideia muito abstrata, dificultando seu aprendizado. Quando se trabalha com esse conceito em um micromundo no Scratch, as crianças conseguem compreender a ideia de ângulo de forma natural pois a estudam de modo prático, tendo a chance de aplicar essa ideia para modelar o comportamento de um ator e investigar as consequências de se escolher um ou outro valor, gerando assim problemas a serem compreendidos e resolvidos.

Evidenciamos neste processo de construção de significados matemáticos um estilo de aprendizagem do “vir a conhecer” (PAPERT, 2008), que faz uso da capacidade natural das crianças de construir *intuições* sobre o mundo que as circunda e sua habilidade de as

confrontarem com o que observam em situações de investigação. De fato, Paulo não havia passado por um processo formal de ensino sobre o conceito de ângulo. Seu contato com essa ideia surgiu de suas experiências de vida que se conectaram às suas experiências no micromundo através de ações ou comportamentos modelados para o ator e familiares a uma criança, como por exemplo os movimentos corporais de uma criança que gira para dar uma cambalhota, ou gira seu braço para imitar a hélice de um avião, ou gira seu corpo num movimento de rotação enquanto se prepara para ser o pegador na “cobra-cega”. Percebemos também que estabeleceu conexões com o que já sabia sobre o conceito rotação e translação em que a Terra realiza movimentos giratórios, o que ficou expresso em diversos momentos de diálogo comigo ou com a turma.

No micromundo *Planetas Malucos de Paulo*, o computador serviu como mediador dessas duas ideias matemáticas - ângulo e unidade de tempo - e funcionou como um *objeto-de-pensar-com* pois havia nele “uma intersecção de presença cultural, conhecimento implícito, e a possibilidade de identificação pessoal” (PAPERT, 1985, p. 26), elementos indispensáveis para que um material manipulável e perceptível aos sentidos possa servir “como um instrumento educacional válido” (PAPERT, 1985, p. 26). Em seu micromundo, Paulo pôde externalizar suas expectativas intuitivas com relação ao conceito de ângulo relacionado ao giro ou movimento de rotação do planeta e à velocidade com que realizava esse movimento, e com relação ao conceito de unidade de tempo associado à pausa feita pelo planeta em seu movimento, pois “o computador permite ou obriga a criança a externalizar expectativas intuitivas. Quando a intuição é traduzida num programa, ela se torna mais evidente e acessível à reflexão” (PAPERT, 1985, p. 176).

O conceito de ângulo foi associado intuitivamente à velocidade que o planeta girava: quanto maior o valor do ângulo, mais rápido o planeta realizava seu movimento, ou seja, maior sua velocidade de giro. Já o conceito de unidade de tempo foi associado à pausa feita pelo planeta em seu movimento: quanto maior o tempo, mais tempo ele permanecia parado, o que gerava o efeito de um movimento “mais lento” do que o esperado. Isso ficou evidente quando Paulo perguntou “por que o planeta parou de girar?”, ou afirmou: “ela está girando, mas bem lento”, indicando que “ideias computacionais podem ser tomadas como materiais para o trabalho de remodelação do conhecimento intuitivo” (PAPERT, 1985, p. 176).

Percebemos que Paulo não construiu nenhuma sugestão de solução para seu problema relacionando os valores do tempo do comando *diga* à sua função definida pelo Scratch. Isso porque não percebeu que, na verdade, o valor escolhido para o argumento do comando *diga*

definia a quantidade de tempo que a mensagem deveria ser impressa na tela, pausando assim o fluxo de execução do programa. Ao contrário, relacionou este valor ao movimento do planeta definido pelo comando *gire*, pois suas observações o levaram a concluir que alterações sobre esse parâmetro impactavam a velocidade de giro do planeta. Isso se tornou evidente quando Paulo disse que diminuiu esse tempo para fazer o planeta girar um pouco mais rápido (alterou de 4 para 1 segundo).

Acreditamos que Paulo não conseguiu estabelecer a relação entre o valor do argumento do comando *diga* e a sua função, por ser esta uma relação contraintuitiva. Quando falamos, simplesmente falamos, sem nos atentar que para isso “gastamos” um certo período de tempo. Por outro lado, enquanto falamos continuamos a realizar outras ações de forma concomitante: falamos enquanto caminhamos, falamos enquanto brincamos, falamos até enquanto comemos! Desse modo, “paralisar” o tempo para falar não consiste numa situação intuitiva, pois não faz parte do cotidiano das pessoas, não é algo familiar. Tal ausência de familiaridade impediu que Paulo pensasse que o tempo “gasto” para falar estava pausando o movimento do planeta, e que portanto seu “erro” estava no valor escolhido para o argumento do comando *diga*.

Temos aqui uma evidência do princípio matético *Faça conexões* (PAPERT, 2008) e sobre o que Dewey (1979) diz a respeito da necessidade de se estabelecer conexões entre a experiência em curso e alguma anterior para possibilitar a construção de significados para o que se mostra como novo e desconhecido na experiência em curso. Paulo desconhecia algo similar a essa situação: “falar consome um tempo que paralisa as demais ações”, e por isso, não foi capaz de compreender o que estava acontecendo e porque não conseguia alcançar seus objetivos. Além disso, temos o que Papert (1985) fala sobre frustrar suas expectativas intuitivas, pois suas ideias sobre como resolver o problema (alterar a velocidade do giro) foram testadas e se mostraram equivocadas.

Sobre esse momento, Dewey (1979) afirma ser essencial para empreender o pensamento reflexivo, pois trata-se de uma situação problemática que não pôde ser compreendida diretamente, exigindo do aprendiz um processo reflexivo. Temos, então, nos episódios *a* e *b* da ExCEC E₂ evidências da relação entre o conceito de *sugestão* de Dewey e de *intuição* de Papert, de modo que ambas surgem quando demandadas pela própria situação de dúvida ou problema. E ao surgirem como possibilidades para uma solução, precisam ser confirmadas por meio de um processo investigativo em que se mobiliza o pensamento reflexivo.

Quando Paulo foi confrontado pela própria situação, cujos acontecimentos frustraram suas expectativas, qual foi sua reação? Procurar por ajuda. E essa ajuda veio como estímulo ao

pensamento reflexivo no sentido de levá-lo a refletir sobre a diferença entre o que aconteceu e o que esperava acontecer, o que se tornou possível graças ao potencial do computador para traduzir uma intuição em um programa, a qual “se torna mais evidente e acessível à reflexão” (PAPERT, 1985, p. 176). Paulo foi lançado a uma busca por compreensões através de situações que estabeleciam conexões entre suas intuições ou sugestões originais e o conhecimento que ainda precisava para atualizar suas intuições, as quais não foram interrompidas por uma explicação de um formalismo matemático que para ele não possuía sentido.

A perspectiva tradicional de aprendizagem e a perspectiva de uma aprendizagem pela experiência num micromundo computacional, quando comparadas, se diferenciam em posturas, atitudes e concepções sobre como acontece a aprendizagem, pois a primeira, ao invés de promover situações para “melhorar nossa intuição, depurá-la, [...] a pressão sobre nós é para abandoná-la e em seu lugar confiar em equações” (PAPERT, 1985, p. 175). A mediação questionadora aplicada deu oportunidade a Paulo para melhor compreender sua forma de pensar o mundo, suas ideias e intuições, para assim utilizá-las de uma maneira mais confortável, familiar e processual.

Disso, percebemos que Paulo teve a oportunidade de externar suas intuições, aplicá-las para resolver problemas e atualizá-las quando se mostraram equivocadas. Aconteceu o que Papert (1985) afirma sobre os sistemas transitórios de conceitos, pois as crianças iniciaram seus estudos partindo do que entendiam sobre o conceito, podendo ser algo do senso comum ou uma intuição vaga e imprecisa, para de forma gradual alcançarem o formalismo pretendido. É o mesmo que diz Dewey (1979) quando discute sobre o processo de construção de conceitos formais a partir da construção de significados para o que se observa numa experiência.

Esse movimento de transformação de ideias, que parte de algo vago ou intuitivo até alcançar um conceito definido é o que procuramos compreender. Nossa análise identificou várias evidências desse sistema transitório de conceitos nos dados produzidos pelas experiências educativas desenvolvidas, resultando num modelo que representa e faz o mapeamento desse percurso pelo qual uma ideia é transformada e a aprendizagem através da construção de significados para os conceitos matemáticos e computacionais acontece. Chamamos esse modelo de Movimento Matemático-PC, o qual será apresentado e discutido na seção 5.2.8.

5.2.8 - O Modelo Movimento Matemático-PC (MM-PC)

Na ExCEC E₂ - Planetas Malucos de Paulo - identificamos um *movimento do pensamento matemático* de Paulo, partindo de ideias matemáticas e computacionais intuitivas,

evidenciando a presença do sistema transitório de conceitos de Papert (1985) e um processo de aprendizagem pela construção de significados e pela conceitualização, conforme Dewey (1979). Esse movimento matemático e computacional, que parte de ideias intuitivas rumo a um formalismo consiste no foco de nossa pesquisa, que busca compreensões em torno da questão: *Como os pensamentos reflexivo e computacional influenciam a construção de significados matemáticos, durante experiências computacionais educativas construcionistas (ExCEC)?* Dessas evidências, construímos o Modelo Movimento Matemático-PC, organizado em seis etapas, que tem como objetivo mapear o processo de transformação que sofre uma ideia intuitiva sugerida pela criança como possível solução de um problema ou como explicação do que se dedica a observar e compreender em uma situação problemática. O Quadro 2 apresenta o modelo Movimento Matemático-PC (MM-PC) organizado em seis etapas.

Quadro 2 - Modelo Movimento Matemático-PC construído para mapear o processo de transformação pelo qual passa uma ideia intuitiva até alcançar um conceito formal relacionado.

Conhecimento Intuitivo	Análise e Confronto	Reflexão	Atualização da intuição	Organização das ideias	Formalismo matemático ou computacional
Ideias matemáticas ou computacionais intuitivas surgem, estimuladas pelo enfrentamento de situações problemáticas que permeiam o processo investigativo desenvolvido para o cumprimento de um propósito em uma ExCEC orientada pelo PR e PC.	Momento em que a intuição é confrontada com a realidade e a expectativa por sua veracidade pode ser frustrada pelo processo investigativo	A frustração da intuição leva à reflexão, procurando o compreender a questão: por que a ideia não funciona, ou não é válida neste problema?	O pensamento reflexivo ou o pensar sobre o pensar pode levar a uma atualização da intuição, produzindo novos conhecimentos provenientes de uma aprendizagem pela investigação e reflexão	Etapa em que acontece a organização dos conceitos construídos pela exploração e investigação autônoma desenvolvida no projeto pelo aprendiz	Etapa em que o aluno chega ao final do percurso de construção dos conceitos matemáticos e computacionais formais (DEWEY, 1979), os quais assumem a forma de um conceito aplicável a outras experiências futuras através da generalização.

Fonte: elaborado pela autora.

O modelo MM-PC é formado por seis etapas que representam o percurso de transformação que uma ideia matemática ou computacional atravessa, partindo de algo vago ou intuitivo até alcançar o conceito ou o formalismo relacionado a essa ideia. O pensamento reflexivo é mobilizado durante todo esse percurso, que se inicia com uma dúvida ou problema

e se encerra com a construção de uma solução e compreensão da situação problemática. Na primeira etapa temos o surgimento das intuições ou sugestões como resultado de um processo de pensamento, que tem início para dar conta de uma situação problemática que precisa ser compreendida e resolvida. Essas ideias surgem como sugestões de possíveis soluções por estarem de alguma forma relacionadas ao que se observa na experiência em curso. Foi o que percebemos na experiência de Paulo, quando sugeriu alterar o parâmetro do comando *gire* para fazer a Terra girar sem parar.

Na segunda etapa, Análise e Confronto, acontece o confronto entre o que se espera e o que se observa como resultado de uma ação orientada pela ideia-guia. O aprendiz age pondo em prática a hipótese construída por suas inferências, de modo que sua ideia original orienta suas ações. O resultado do teste pode validar ou rejeitar a ideia ou intuição original, pois esta é confrontada com as observações na situação. Sua intuição é frustrada quando não satisfaz às demandas do problema. Neste momento o aprendiz precisa continuar seu processo reflexivo para buscar compreensões sobre os motivos que levaram à não validação de suas ideias, procurando também sintetizar outras sugestões numa busca contínua rumo à solução pretendida. Foi o que aconteceu quando Paulo aplicou sua ideia sobre alterar o ângulo do giro buscando um movimento ininterrupto de rotação. Ela foi frustrada, pois ao testá-la percebeu que não resolveu seu problema.

Sempre que uma intuição é frustrada e precisa ser ressignificada ou transformada, entra em cena a terceira etapa. A pergunta para orientar o processo reflexivo que segue é: por que a ideia não funciona, ou não é válida neste problema? Neste processo, o pensamento reflexivo continua a ser mobilizado para construir novas relações entre novas ideias, novas observações e novos conhecimentos, com o objetivo de construir novas hipóteses. O teste dessas hipóteses resultará em sua validação ou rejeição. A reflexão desenvolvida neste processo investigativo de elaboração e teste de conjecturas leva o aprendiz a atualizar sua ideia original através de novas compreensões e aprendizagens, de modo que ela passa a assumir outro significado para si, diferente, mais amplo, mais complexo. Temos neste momento a quarta etapa, que culmina em uma conclusão ou solução construída para o problema. No episódio sobre a *ideia poderosa de ângulo*, após um processo investigativo e reflexivo, Paulo conseguiu construir novos significados para o comando *gire* e para um novo comando, o *Sempre*, chegando à conclusão de que precisava desta estrutura de controle para implementar o movimento de giro ininterrupto para o planeta Terra.

A quinta etapa tem início a partir da conclusão. Neste momento o aprendiz passa por um processo de revisão, através do qual retoma suas ações e reflexões desenvolvidas durante o processo investigativo tendo como base a conclusão construída. O objetivo é organizar suas ideias, pensamentos, ações, a fim de consolidar suas aprendizagens, apropriando-se delas como instrumentos intelectuais a serem “armazenados” em sua sacola de bricolador (PAPERT, 2008) para serem utilizadas em experiências futuras, conforme assenta o princípio do *continuum* experiencial (DEWEY, 1976). Essa organização das ideias acontece sempre que uma conclusão é construída, pondo fim ao processo de reflexão. Evidenciamos estes momentos sempre que, como professora, fiz intervenções no sentido de levar Paulo e a turma a retomar e refletir sobre todos os passos desenvolvidos até resolvermos um problema específico.

A sexta e última etapa acontece quando o resultado do pensamento reflexivo, suas conclusões, sofrem a ação do pensamento lógico formal, ou raciocínio formal (DEWEY, 1979), com o objetivo de construir uma representação formal utilizando uma linguagem como a matemática, por exemplo. Neste momento, o que antes era apenas uma ideia vaga ou uma intuição, se transforma num conceito definido e representado formalmente, num produto construído pelo pensamento reflexivo do próprio aprendiz e formalmente representado. Nos episódios narrados percebemos que essa transformação de ideias em conceitos terminou quando o significado do objeto alvo do estudo se tornou concreto para Paulo, quando alcançou o concreto pensado ou um conceito disponível para ser utilizado por ele em experiências futuras. Quando assumiu uma “significação nitidamente extremada de outras significações, de modo que facilmente se apreende por si mesmo” (DEWEY, 1979, p. 218), não exigindo qualquer esforço para ser interpretado. Foi o que aconteceu quando Paulo construiu para si a concepção computacional sobre o comando *Sempre* e a carregou consigo para suas experiências futuras, tentando generalizá-la no sentido de “estender e a levar [sua compreensão] de uma coisa a outra” (DEWEY, 1979, p. 152). Ele foi capaz de sugerir prontamente a retirada do comando *Sempre* para permitir que a música fosse tocada até o fim no episódio sobre a ideia poderosa do paralelismo, evidenciando uma apreensão direta do significado desse comando.

Entendemos que é neste momento do processo de aprendizagem que se deve desenvolver o raciocínio formal do aprendiz com o objetivo de construir a representação formal para o resultado do pensamento real. Ou seja, deve-se fazer uso de uma linguagem formal, como a matemática, para representar formalmente um *conceito* ou uma *concepção*. Essa etapa deve ser desenvolvida com a mediação do professor, o qual deverá inserir os aprendizes no contexto da linguagem formal a ser utilizada. Isso envolve inserir as crianças num conjunto de regras,

padrões e procedimentos já definidos pela linguagem formal, estabelecendo as devidas relações entre as ideias e conclusões construídas em suas experiências e a forma que essas ideias são representadas, definidas e manipuladas formalmente. As ideias computacionais construídas por Paulo em suas experiências computacionais passaram por esse processo de formalização alcançando um conceito definido para cada comando. Neste momento, Paulo já compreendia a funcionalidade dos comandos, sendo capaz de aplicar esse significado construído para sim para compreender e resolver novos problemas, a exemplo das experiências que envolveram os comandos *Sempre* e *Gire*.

O processo de formalização de ideias computacionais parece acontecer de um modo mais natural quando comparado ao processo de formalização de uma ideia matemática, pois a linguagem utilizada para construir os significados dos comandos é a mesma linguagem utilizada para representar formalmente esse significado. Isso não acontece durante o processo de formalização de ideias matemáticas que precisará lançar mão da linguagem matemática para representar os significados matemáticos construídos e desenvolver o raciocínio formal da criança. Isso será discutido na seção 5.4 que trata das possibilidades para desenvolver o pensamento algébrico através de experiências computacionais.

As quatro primeiras etapas congregam o processo de aprendizagem pela construção de significados. É por isso que empreendemos o pensamento, para compreender algo que ainda não é completamente conhecido a partir das conexões entre o familiar da situação e conhecimentos provenientes de aprendizagens em experiências anteriores. Esse “ter ideias” de Paulo ficou evidente quando sugere como solução de seus problemas ideias aprendidas em experiências anteriores, ou quando não consegue sugerir pela ausência dessas experiências de aprendizagens, como no episódio sobre a ideia poderosa do tempo. Nesses quatro momentos iniciais do Movimento Matemático-PC o significado do que pretendemos compreender é, ainda, abstrato e a ideia ou conhecimento intuitivo inicial passa por transformações enquanto é manipulado como material intelectual durante o processo investigativo orientado pelo pensamento reflexivo, como evidenciado nas histórias de aprendizagem de Paulo.

Ao final de um processo reflexivo, e de posse de uma conclusão, essa pode ser bem definida, construindo-se uma concepção, entendida por Dewey (1979) como *algo que possui um significado estabelecido*. Difere do conceito de *ideia* ou *sugestão*, a qual serve como guia para a observação e ação com o objetivo de validá-la ou refutá-la como solução de um determinado problema. Uma vez construídas, as concepções se tornam disponíveis para serem selecionadas pela análise para serem aplicadas em novos contextos para resolver novos

problemas. No entanto, diante de um novo problema, uma “concepção [...] pode, inicialmente, pretender mais que um papel de candidata a intérprete, e somente o julgamento pode elegê-la e provar sua competência para resolver o problema em questão” (DEWEY, 1979, p. 129). Foi o que aconteceu quando Paulo aplicou sua concepção sobre o comando *Sempre* para decidir tirá-lo do programa por entender que estava impedindo que a música fosse tocada até o fim. Ele demonstrou compreender o conceito do comando, e mesmo certo de sua concepção sobre sua funcionalidade, decidiu aplicá-lo como ideia candidata para solucionar seu problema nesta situação específica, chegando à conclusão de que essa ideia não satisfazia às condições do problema, levando-o a descartá-la como hipótese.

Ressaltamos que a importância educacional das concepções está no processo de se chegar a elas: processo que inclui o momento em que são solicitadas pela mente ainda enquanto sugestões. E enquanto sugestões ou hipóteses, serão investigadas como possíveis soluções do problema, e portanto, poderão se constituir em novas, mais amplas e complexas concepções construídas pelo próprio aprendiz. Ou seja, a aprendizagem estará acontecendo pela ampliação das experiências da criança (DEWEY, 1976), e sua sacola de bricolador (PAPERT, 2008) estará crescendo, novas ferramentas sendo incorporadas para serem usadas sempre que necessário. Disso, nos questionamos se as experiências computacionais de Paulo narradas foram suficientes para transformar suas ideias em concepções. Apresentamos mais um episódio na seção 5.3.2 que ilustra a aplicação da ideia sobre paralelismo de procedimentos, evidenciando seu processo de transformação que se iniciou em E_2 e deve caminhar até alcançar um nível de formalismo e se tornar uma concepção em sua bagagem intelectual.

5.2.9 - A presença e a ação do Pensamento Reflexivo e do Pensamento Computacional nas ExCEC

Os episódios narrados na ExCEC E_2 trouxeram à tona a aplicação de diversos princípios matéticos definidos por Papert (1985; 2008): *Fale sobre seus pensamentos*; *Faça parte do micromundo*; *Faça algo que tenha sentido para você*; *Faça conexões*; entre outros. Esses princípios foram aplicados durante o desenvolvimento dos projetos de programação em micromundos computacionais no Scratch, o que para nossa pesquisa equivale ao desenvolvimento de uma sequência de experiências computacionais educativas para se alcançar um propósito pessoal.

Considerando as evidências, temos que o pensamento reflexivo esteve presente em todos os episódios analisados, de modo que a aplicação dos princípios matéticos foi concomitante à mobilização do PR para a compreensão e resolução de situações problemáticas

que surgiram durante o desenvolvimento de um propósito. Evidenciamos que o PR oportuniza a aplicação dos princípios matéticos durante uma experiência educativa, como, por exemplo, o *Faça conexões* para favorecer o surgimento de ideias ao conectar algo de familiar na experiência em curso a alguma experiência anterior. Por outro lado, os princípios matéticos podem ser aplicados como estratégias para suscitar a reflexão, como, por exemplo, o *Fale sobre seus pensamentos* ou *Faça parte do micromundo*, aplicados nos episódios em que Paulo permaneceu paralisado pois nenhuma ideia lhe veio à mente. Disso, podemos estabelecer a relação entre o conceito de experiência educativa orientada pelo PR (DEWEY, 1976) e os princípios matéticos de Papert (1985; 2008), através da aplicação destes para estimular o surgimento de ideias utilizadas pelo PR, como também pelas possibilidades de aplicar os princípios matéticos durante o percurso investigativo orientado pelo PR. Dessa forma, reconhecemos a natureza matética do PR, mobilizado para formular e resolver problemas, construir conceitos matemáticos, aprender a pensar reflexivamente (PAPERT, 1985; DEWEY, 1979) e aprender a aprender (PAPERT, 1985), por proporcionar o desenvolvimento das habilidades matéticas dos aprendizes ao mesmo tempo em que desenvolve o pensar sobre o próprio pensar.

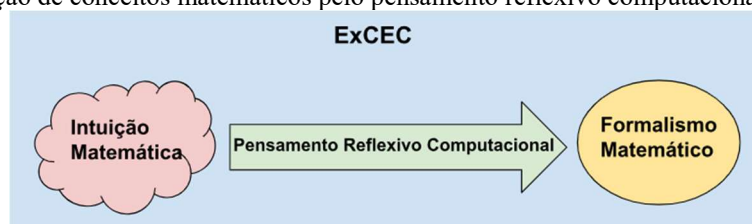
Por outro lado, podemos nos questionar se a mesma natureza matética pode ser encontrada no PC mobilizado durante as ExCEC. Ao aplicar estratégias do pensamento computacional para compreender e resolver seus problemas nas ExCEC narradas, as crianças se apropriam de alguns conceitos que são considerados por Papert (1985) como princípios matéticos: a modularização, o paralelismo e o *debugging*, por potencializarem o aprender a aprender. Nesta perspectiva, entendemos que o PC possui natureza matética, pois contribui para desenvolver nas crianças a consciência e a intencionalidade sobre seu processo de aprendizagem, de modo que podem “aprender mais, e mais rapidamente, tendo controle consciente do processo de aprendizagem” (PAPERT, 1985, p. 141), analisando e articulando seu comportamento para eliminar aqueles estilos de “aprendizado por tentativa e erro” (PAPERT, 1985, p. 140), considerados ineficientes e instáveis. Essa relação já havia sido identificada em nosso estudo teórico, a qual foi ratificada pelas evidências práticas.

Visto que reconhecemos no PR e no PC sua natureza matética enquanto agem e sofrem suas mútuas ações numa ExCEC, falta-nos refletir sobre como se coadunam para contribuir com o processo de aprendizagem pela construção de significados matemáticos e computacionais em experiências computacionais educativas.

O movimento matemático e computacional de um aprendiz desenvolvido durante uma atividade de programação num micromundo computacional parte de uma ideia intuitiva rumo a um conceito formal matemático ou computacional, os quais são construídos pelo próprio aprendiz enquanto engajado numa sequência de experiências computacionais educativas construcionistas, em que põe em prática e ao mesmo tempo tem a oportunidade de desenvolver seu pensamento reflexivo e computacional. O PR permeia todo o processo de aprendizagem pela construção de conceitos matemáticos por ser esta desenvolvida através de experiências computacionais educativas repletas de problemas que demandam por um processo reflexivo para serem resolvidos. Também, o PC permeia todo o processo de aprendizagem matemática por se tratar de um estilo de pensamento específico adotado sempre que suas estratégias de pensamento são solicitadas para a resolução de problemas através da programação, ao mesmo tempo em que favorece a compreensão pela construção de significados. Foi o que aconteceu, por exemplo, quando a modularização e o *debugging* foram aplicados para que Paulo e seus colegas compreendessem a situação problemática que se mostrava, e encontrassem suas soluções.

As evidências que apontam para a ação e desenvolvimento do PR e do PC nas ExCEC nos levam a identificá-los não mais de forma isolada, mas sim integrada, agindo e sofrendo uma ação de modo recíproco, surgindo o que chamamos de Pensamento Reflexivo Computacional (PRC). O PRC é, portanto, um estilo de *pensamento reflexivo* que age para desenvolver o pensamento computacional através da construção dos significados para seus conceitos relacionados, mas também sofre a ação do PC quando suas estratégias de pensamento são mobilizadas com o objetivo de oportunizar um processo de aprendizagem de matemática pela construção de significados, sobretudo quando potencializa o processo reflexivo ao ampliar as possibilidades de observação direta e construção e teste de hipóteses através do *feedback* imediato emitido pela máquina. Dessa forma, temos que num processo de aprendizagem que se desenvolve num micromundo computacional pela construção de programas, PR e PC se coadunam formando o PRC, o estilo de pensamento mobilizado para a construção de significados matemáticos e computacionais pelo aprendiz. A Figura 25 ilustra o processo de construção do formalismo matemático a partir de intuições em que o Pensamento Reflexivo Computacional é mobilizado durante as ExCEC.

Figura 25 - Construção de conceitos matemáticos pelo pensamento reflexivo computacional em uma ExCEC.



Fonte: elaborada pela autora.

Dessa forma, para os propósitos de nossa pesquisa, reconhecemos a prevalência da reciprocidade de ação e reação entre PR e PC numa ExCEC, de modo que a partir de agora focaremos nosso olhar para a ação do PRC e de como é mobilizado e desenvolvido pelas crianças enquanto realizam suas experiências computacionais de programação no Scratch.

5.3 - ExCEC E3 - O projeto *Meu Primeiro Jogo*

Após finalizarmos os primeiros projetos das crianças, os quais proporcionaram as primeiras aprendizagens sobre a programação no Scratch, avançamos com o objetivo de construir um jogo digital no Scratch. Para isso, foi necessário aprenderem os recursos computacionais sobre Eventos, Sensores, Estruturas de Controle e Variáveis. Para ensinar esses novos recursos, orientei minhas ações em torno da seguinte questão: como alcançar o máximo de aprendizagem ao mesmo tempo em que minimizo a ação de ensino? Essa preocupação surgiu como resultado de minhas experiências anteriores como professora de programação em cursos superiores de tecnologias e engenharias, as quais foram marcadas por aulas tradicionais em que esses conceitos eram apresentados através de aulas instrucionais expositivas, seguidas pela resolução de listas de exercícios para pôr em prática o que foi ensinado. Assim, a pergunta que me inquietava era: como poderia proporcionar experiências de aprendizagem diferentes daquelas que estava habituada a desenvolver com meus alunos nos cursos superiores? Como desenvolver experiências educativas com crianças para ensinar e aprender ideias consideradas mais complexas, quando minhas histórias de ensino contam que o “normal” é que os alunos encontrem muitas dificuldades para entender essas ideias e conceitos?

Neste cenário permeado por essas inquietações, surgiu a ideia do Material Manipulativo Dinâmico - MMD - concebido para oportunizar uma aprendizagem exploratória e autônoma dirigida, através da manipulação e exploração de um material digital que oportunize a reflexão e a construção de significados com base na observação da relação entre a ação do aprendiz e o *feedback* emitido pelo sistema como resposta a essa ação. A ideia de aprender sozinho pela manipulação, exploração e observação de objetos e seu meio não é nova para uma criança, pois assim o faz em muitas de suas brincadeiras, como construir castelos de areia, em que é

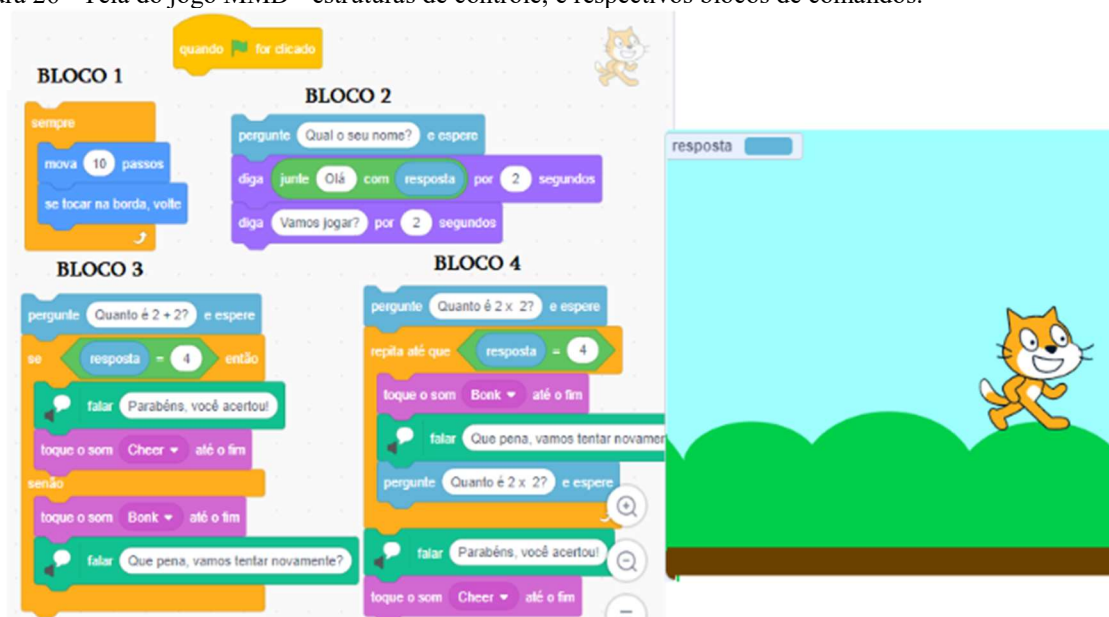
necessário testar várias combinações entre terra e água até alcançar a textura certa para garantir que a construção permaneça em pé. Ao mesmo tempo, é o que acontece nos experimentos científicos realizados nos laboratórios, em que se altera as variáveis do fenômeno estudado para investigar os resultados obtidos a partir da observação e da reflexão. Assim, o Material Manipulativo Dinâmico tem como objetivo permitir a livre manipulação por parte da criança, como se com ele estivesse brincando, desconstruindo e construindo algo a partir de suas partes ou blocos, ao mesmo tempo em que a aproxima da maneira de pensar e agir de um cientista enquanto realiza seus experimentos no laboratório: manipulando, testando, observando e refletindo sobre as mudanças em suas variáveis.

No entanto, diferente da dinâmica de grande parte das situações da vida real ou dos experimentos científicos, o MMD tem a capacidade de fornecer um *feedback imediato* como resposta às ações da criança, de modo que cada par de ação/reação pode ser *imediatamente* observado para ser alvo de reflexão, a fim de construir as devidas relações entre as ações e suas respectivas consequências. Esse potencial provém do próprio ambiente de programação do Scratch que fornece uma resposta imediata à execução de determinados comandos.

Neste contexto, um MMD consiste num programa construído no Scratch, que contempla o tema e os recursos computacionais objetos do estudo e da aprendizagem previstos pelo professor. Para os encontros que formaram a ExCEC E₃, construímos três jogos no Scratch com o objetivo de levá-los a pensar e aprender os recursos computacionais através da exploração e da reflexão, recursos esses necessários para iniciarem a construção de seu próximo projeto: um jogo digital no Scratch. A fim de minimizar a complexidade do estudo pela exploração, cada MMD contemplou uma parte do conjunto de comandos a serem estudados.

O primeiro *MMD - estruturas de controle* - trazia consigo algumas estruturas de controle, conforme apresentado no código da Figura 26: *Sempre*, *Repita até que* e *Se/então/senão*. Também, os comandos *Pergunte e espere*, *Falar*, *Se tocar na borda volte*, e a variável *resposta*. Para facilitar a aprendizagem, dividimos esse MMD em quatro blocos de comandos que deveriam ser executados separadamente com o objetivo de estudar a funcionalidade de um conjunto de comandos por vez. Assim, a criança deveria conectar um bloco de cada vez ao comando de início do programa (*Quando a bandeirinha verde for clicada*) para testá-lo e prosseguir com suas explorações.

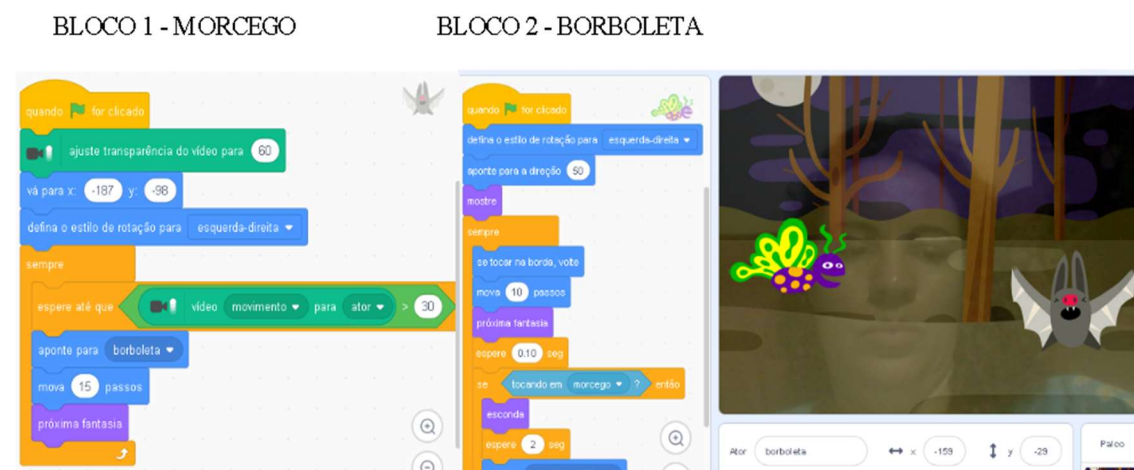
Figura 26 - Tela do jogo MMD - estruturas de controle, e respectivos blocos de comandos.



Fonte: elaborada pela autora.

O segundo *MMD - recursos de vídeo* - incluiu os recursos para manipular a câmera de vídeo através dos comandos *Ajuste a transparência do vídeo para* e *Vídeo (movimento) para (ator) > (argumento)*; os comandos de movimento *Aponte para a direção*, *Aponte para*, *Vá para*; os comandos de aparência *Próxima fantasia*, *Mostre*, *Esconda*; e o comando de sensor *Tocando em ()?* Nesse MMD, programamos dois atores, o morcego e a borboleta, com o objetivo de construir o jogo *Pega Borboleta*, cujo jogador deveria movimentar o morcego usando seus movimentos de mãos e braço em frente à câmera para fazer com que o morcego persiga a borboleta até capturá-la. Quando isso acontece, a borboleta desaparece por alguns segundos, retornando depois em uma posição aleatória do cenário do jogo. A Figura 27 ilustra os blocos de comandos para os atores morcego e borboleta e a tela com o cenário e personagens do jogo.

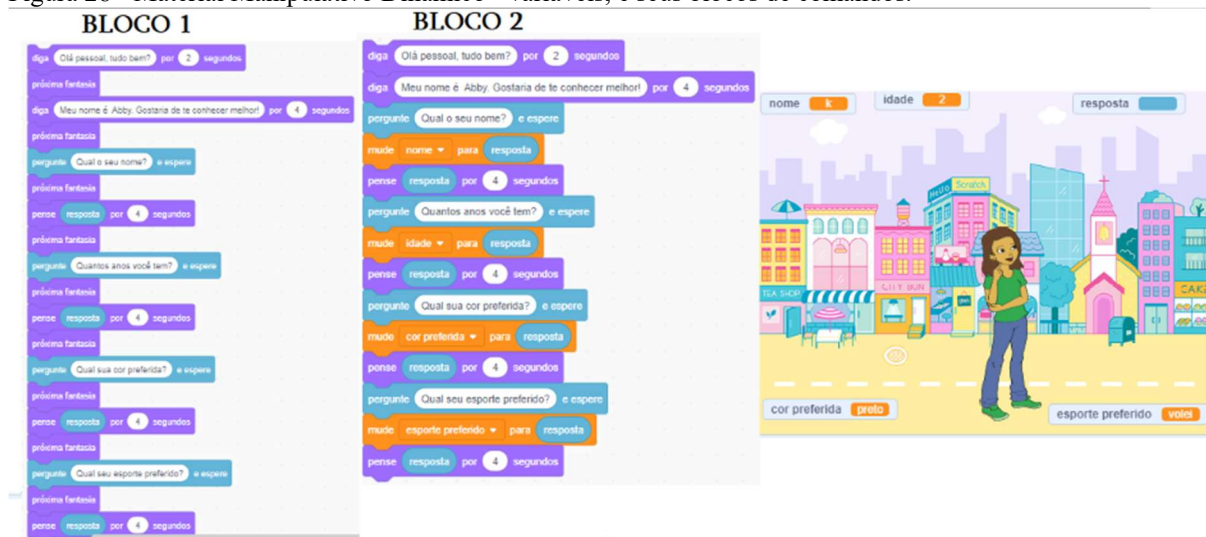
Figura 27 - Tela do jogo MMD - recursos de vídeo, e respectivos blocos de comandos.



Fonte: elaborada pela autora.

O terceiro *MMD - variáveis* - foi construído com o objetivo de permitir a exploração da ideia de variáveis. Para tanto, em seu código criamos e manipulamos algumas variáveis através do comando *Mude () para*, além de utilizar o comando *Pergunte e espere* e a variável *resposta* incluídas também no primeiro MMD para reforçar essa ideia. Para facilitar a exploração e a aprendizagem, dividimos os comandos em dois blocos que deveriam ser executados separadamente. Para isso, orientamos às crianças a conectá-los um de cada vez ao comando de início do programa. A Figura 28 ilustra os dois blocos de comandos construídos para um ator e a tela do cenário.

Figura 28 - Material Manipulativo Dinâmico - variáveis, e seus blocos de comandos.



Fonte: elaborada pela autora.

Essas atividades foram planejadas para serem desenvolvidas em dois encontros de duas horas cada, iniciando no dia 3 de agosto de 2022. O roteiro planejado previa as seguintes atividades.

1. Atividade 1 – Fornecer os Materiais Manipulativos Dinâmicos compartilhando seus links. As crianças foram orientadas a remixá-los, o que significa fazer uma cópia desses projetos para sua conta pessoal no Scratch. Os MMD foram manipulados e explorados pelas crianças com o objetivo de compreenderem as funcionalidades dos comandos utilizados. Para tanto, tiveram a liberdade de alterar as variáveis, os argumentos dos comandos, o lugar dos comandos, usar sua criatividade para construir e desconstruir o que quisessem fazendo uso dos blocos de comandos, ou parte deles, conforme desejassem. Essa exploração abriu a oportunidade para uma aprendizagem através da observação direta da situação construída no micromundo, investigando a dinâmica existente entre cada ação e sua respectiva reação fornecida como *feedback* pelo sistema do Scratch. Cada manipulação ou alteração dos comandos produziu um resultado que foi alvo de reflexão por parte da criança, na tentativa de responder a seguinte questão: o que faz esse comando? Essa atividade foi desenvolvida no encontro do dia 3 de agosto e alguns de seus episódios são narrados pela ExCEC E_{3a}.
2. Atividade 2 - Explorar o conceito de variáveis. Após a manipulação dos três MMD individualmente, organizamos uma discussão com a turma com o objetivo de avaliar quais aprendizagens foram e não foram alcançadas, consolidar e ampliar as aprendizagens desenvolvidas, identificar e corrigir equívocos de compreensão e oportunizar novas aprendizagens. Essa atividade foi desenvolvida no dia 12 de agosto, e alguns de seus episódios são narrados pelas ExCEC E_{3b} e E_{3c}.

Durante a atividade 1, as crianças desenvolveram explorações individuais e autônomas com liberdade para manipular, criar e pensar. Participei desses momentos quando solicitada por alguma criança para ajudar a resolver algum problema ou sanar alguma dúvida, ou quando percebi uma oportunidade para mediar a construção de algum conceito. Cada criança se expressou de maneira diferente diante do material. Algumas com mais ousadia em suas manipulações, outras com mais comedimento. No entanto, todas aceitaram o desafio de descobrir por si o que os programas faziam e como seus comandos funcionavam. Permaneceram manipulando os MMD pelo tempo necessário para exaurir suas explorações. Depois, permiti que comesçassem seus projetos a partir do conhecimento que desenvolveram, pondo em prática muitas ideias que tiveram. Durante esse período, vários diálogos surgiram entre mim e as

crianças. Também levantei alguns questionamentos individuais com o objetivo de investigar as contribuições dos MMD para suas aprendizagens autônomas.

Já a atividade 2 consistiu no momento em que organizamos as ideias intuitivas construídas pelas crianças durante suas explorações individuais sobre os MMD, o que corresponde a pôr em prática a etapa 5 do modelo Movimento Matemático-PC do processo de aprendizagem.

A dinâmica desses encontros proporcionou diversas evidências sobre como as experiências computacionais das crianças suportaram a aprendizagem autônoma através da exploração dos Materiais Manipulativos Dinâmicos pela mobilização do Pensamento Reflexivo Computacional para suscitar ideias, intuições e construir e testar hipóteses. Na sequência apresentamos três episódios construídos para formar as ExCEC E_{3a} , E_{3b} e E_{3c} com o objetivo de analisar algumas situações que se mostraram importantes por evidenciarem a aplicação do princípio do *continuum* experiencial durante o processo de aprendizagem sobre o conceito de paralelismo de procedimentos, resultando no que entendemos ser um movimento em espiral de ExCEC para representar o movimento Matemático-PC de uma ideia de um aprendiz engajado em suas experiências computacionais.

Na ExCEC E_{3a} aproveitamos as ações do aluno Kauã sobre o MMD-estruturas de controle para discutir e construir a ideia do paralelismo de procedimentos com algumas crianças que decidiram participar dessa discussão. Na ExCEC E_{3b} apresentamos a continuidade do Movimento Matemático-PC de Paulo relacionado à aprendizagem do conceito de paralelismo, e que teve início nas ExCEC E_{2a} e E_{2c} . Já na ExCEC E_{3c} narramos e discutimos como se deram algumas histórias de aprendizagens que se desenvolveram no decurso da atividade 2, planejada para promover uma discussão com a turma sobre suas aprendizagens alcançadas através de suas explorações sobre os MMD.

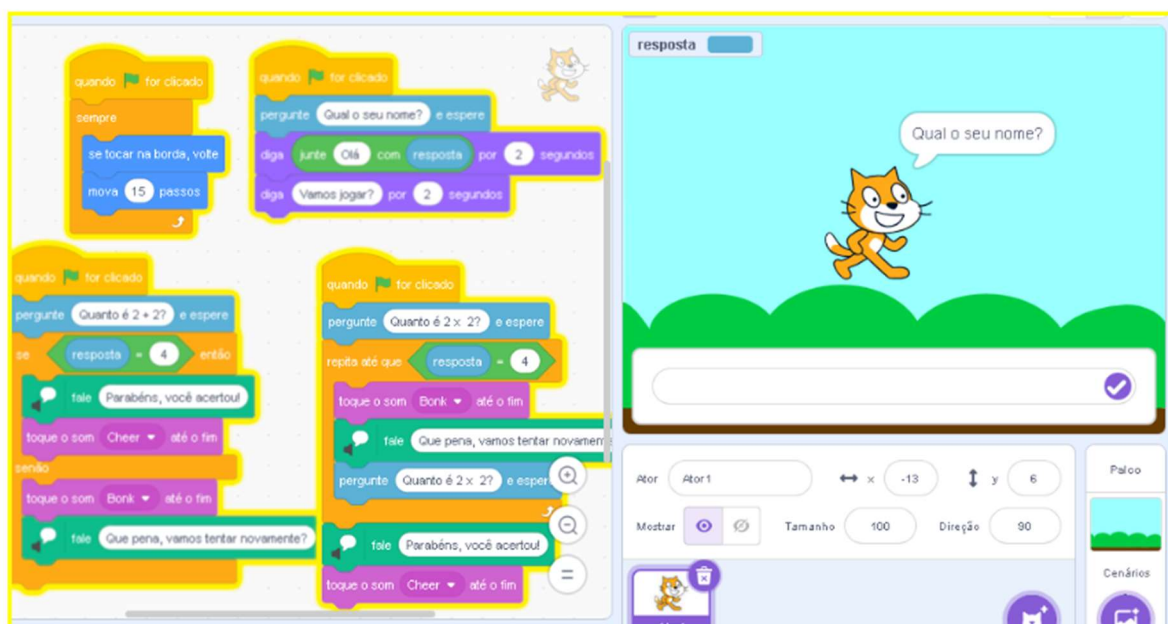
5.3.1 - ExCEC E_{3a} - Dando “nome aos bois” - o paralelismo de Kauã, Beatriz, Eloá e Kimberly

A atividade 1 foi desenvolvida no dia 3 de agosto de 2022 com a participação de nove crianças. Ao longo dela, diversas histórias de aprendizagens foram construídas. Uma delas nos chamou a atenção durante a análise dos dados por possuir uma conexão com a ExCEC E_{2a} e E_{2c} , evidenciando um movimento contínuo de aprendizagem relacionada ao conceito de paralelismo de procedimentos. Participam dessa história quatro das nove crianças presentes neste encontro, a qual teve origem quando percebi a oportunidade de questioná-los e ao mesmo

tempo construir a ideia sobre paralelismo de procedimentos a partir da exploração do aluno Kauã sobre o MMD - estruturas de controle. Assim começa nossa história...

Kauã é uma criança com postura crítica. Não se contenta com o que ouve, ou aceita de pronto como fato verdadeiro. Ao contrário, decide verificar por si mesmo, para a partir de suas ações e reflexões se convencer ou não. Essa postura o ajuda em suas explorações com os MMD. Sem qualquer receio, ele encara o desafio e desconstrói e constrói com liberdade e criatividade o que deseja. Aproveita a oportunidade para ir além de minha orientação para manipular o MMD-estruturas de controle. Eu havia pedido para as crianças conectarem um bloco de comandos por vez ao comando de início de programa, para explorar e investigar cada bloco em separado com o objetivo de refletir e descobrir as funcionalidades dos comandos. Uma estratégia para dividir o estudo do material dividindo-o em partes menores, em função de seus blocos de comandos. Kauã, no entanto, decide conectar todos os blocos de uma só vez ao comando de início de comando (Figura 29). Neste momento, percebi que algo interessante estava acontecendo ali, e início uma discussão com ele, a qual se estende para toda a turma. Beatriz, Eloá e Kimberly se interessam pelo assunto e decidem participar, o que suscita o seguinte diálogo:

Figura 29 - O paralelismo de Kauã.



Fonte: elaborada pela autora.

Luciana: Turma, o Kauã, ao invés de conectar um bloco por vez no comando da bandeirinha, para testar um bloco de cada vez, sabem o que ele fez pessoal?

Turma: o que?

Luciana: Ele colocou um comando da bandeirinha para cada bloco e clicou na bandeirinha verde. Quem me fala o que aconteceu?

Beatriz: Funcionou tudo de uma vez só.

Luciana: Ah Beatriz, executou tudo de uma vez só. Misturou tudo. Isso mesmo!

Beatriz: Eu acertei professora?

Luciana: Sim, Bia! Parabéns!

Kauã: Ficou a mesma coisa. (Ele ainda não havia entendido os resultados de sua decisão)

Luciana: A mesma coisa? Será que ficou a mesma coisa pessoal?

Kimberly: Não. Tudo foi ao mesmo tempo.

Luciana: Tudo foi ao mesmo tempo. Por que tudo foi ao mesmo tempo, gente?

Kimberly: Porque é o mesmo comando.

Eloá: Porque ele colocou isso quatro vezes e então executou tudo de uma vez.

Beatriz: Porque cada bloquinho está em uma bandeirinha, e quando clicar na bandeirinha executa tudo de uma vez.

Luciana: Eita, parabéns! E vocês sabem como é o nome disso? Quando executa mais de um bloco ao mesmo tempo? Sabem como chama? PA-RA-LE-LIS-MO. Todos repitam, por favor.

Turma: Paralelismo.

Luciana: Paralelismo é quando duas coisas acontecem ao mesmo tempo. Por exemplo, vem aqui Kimberly. Pule de um pé só. E eu também vou pular. (Eu e Kimberly começamos a pular de um pé só ao mesmo tempo)

Luciana: Está acontecendo ao mesmo tempo pessoal?

Turma: sim

Luciana: agora, dá um pulinho e para. (Kimberly pula primeiro, depois eu pulo, depois ela pula novamente, e assim vamos revezando a ordem dos pulos, uma de cada vez)

Luciana: Está ao mesmo tempo?

Turma: Não.

Luciana: E antes estava?

Turma: Sim.

Luciana: Então o que é paralelismo?

Eloá: Quando acontece mais de uma coisa ao mesmo tempo.

Luciana: Isso. E o que o Kauã fez, é paralelismo, sim ou não?

Turma: Sim.

Luciana: E dá pra estudar cada bloco separado quando faz desse jeito?

Turma: Não.

Luciana: Por que não?

Eloá: Por que ele executa todos de uma vez.

Luciana: Isso.

Beatriz: Não, porque ele colocou quatro bandeirinhas nos quatro blocos.

Luciana: Então, Kauã, pra você estudar o que cada bloco está fazendo você precisa revezar o bloco que estará conectado à bandeirinha. Conecta um de cada vez e executa.

Nesta história de aprendizagem destacamos alguns fatos:

1. Kauã não fazia ideia de sua descoberta. Por isso, decidi ampliar a discussão para toda a turma para verificar se outras crianças poderiam aproveitar a experiência de Kauã para todas aprenderem juntas e em colaboração através de uma *boa conversa computacional*.
2. A ideia do paralelismo de procedimentos se mostrou acessível à compreensão das crianças que participaram da discussão. Isso foi evidenciado pois prontamente responderam às minhas questões. Logo perceberam que o fato de usar o mesmo comando para iniciar diferentes blocos teria como resultado a execução simultânea desses blocos.
3. A compreensão das três amigas de Kauã que participaram da conversa se deu como resultado de participarem de uma discussão sobre a experiência computacional de um terceiro (Kauã), o que evidencia a aplicação do princípio matético *Fale sobre seus pensamentos*, corroborando a afirmação de Papert (2008) sobre uma boa discussão promover a aprendizagem. Ideias, quando expressas, alimentam a discussão com mais materiais para seus pensamentos, levando-os a refletir sobre situações ou ideias sob diferentes pontos de vista, pois cada pensamento expressa de modo único e pessoal as ideias provenientes das experiências anteriores de cada pessoa (DEWEY, 1979).
4. Apresentei às crianças o *nome* do conceito discutido, solicitando que repetissem esse nome com o objetivo de contribuir para sua aprendizagem, atendendo assim a afirmação de Papert (2008) sobre a importância de dar nomes ao que se está discutindo, “pois nomes eram algo para discutir e para possuir” (PAPERT, 2008, p. 78), resultando num vocabulário para a discussão, e também um senso de valores atribuído às diferentes ideias e seus autores, “respeitando-se o estilo do colega sem deixar de valorizar o próprio”

(PAPERT, 2008, p. 78). Dar “nomes aos bois” contribui para “um processo de desenvolvimento do que chamo de microcultura. [...] de uma cultura de aprendizagem; isso contribui para a riqueza da aprendizagem imediata, mas também permite que os benefícios fluam para outras áreas” (PAPERT, 2008, p. 78).

5. O objetivo da atividade era investigar e descobrir as funcionalidades dos comandos através da exploração do MMD - estruturas de controle. Levar o aluno a construir suas ideias e conceitos sobre cada estrutura de controle utilizada pelos blocos de comandos. Para isso, Kauã e as demais crianças precisavam percorrer o código, identificar cada bloco, executá-los separadamente, procurando compreender sua função dentro do programa. Assim, a discussão sobre a ideia do paralelismo de procedimentos pode ser considerada como algo incidental, não planejado. Nem por isso foi tida como um inconveniente. Ao contrário, percebi que se tratava de uma *aprendizagem pela descoberta* de uma ideia poderosa, que embora não estivesse prevista no planejamento desse encontro, não poderia ser desprezada.
6. A despeito de perceber a oportunidade discutida no item 5, decidi finalizar a discussão orientando Kauã a “corrigir” seu código e seguir minhas orientações para estudar um bloco de cada vez. Poderia ter tomado outro caminho, poderia ter ampliado a discussão com Kauã procurando investigar quais foram suas compreensões depois dessa discussão. Isso evidencia uma preocupação em cumprir com o planejado, expressando meu desejo de verificar se as explorações de Kauã o levariam a aprender sozinhos as funções dos comandos. Acredito que, embora tenha percebido uma excelente oportunidade de “sair do roteiro” para explorar uma importante ideia, importava ainda mais alcançar os objetivos previstos para esse encontro, indicando a força da cultura escolar impregnada em minhas práticas docentes. Isso nos leva a refletir sobre os desafios enfrentados pelo professor quando decide romper com a cultura de uma aprendizagem norteada exclusivamente por um currículo.

A análise dos dados referentes a essa história levou-me a perceber suas conexões com a ExCEC E_{2a} e E_{2c}, em que Paulo teve contato com a ideia do paralelismo de procedimentos para fazer seu planeta Terra girar, falar e tocar uma música ao mesmo tempo. Paulo não participou dessa discussão, mas estava presente neste encontro. Ele e outras quatro crianças decidiram continuar com suas explorações individuais enquanto a discussão acontecia. Podemos então nos questionar se essa discussão, de alguma forma, foi “aproveitada” pelas demais crianças que, embora presentes, não participaram.

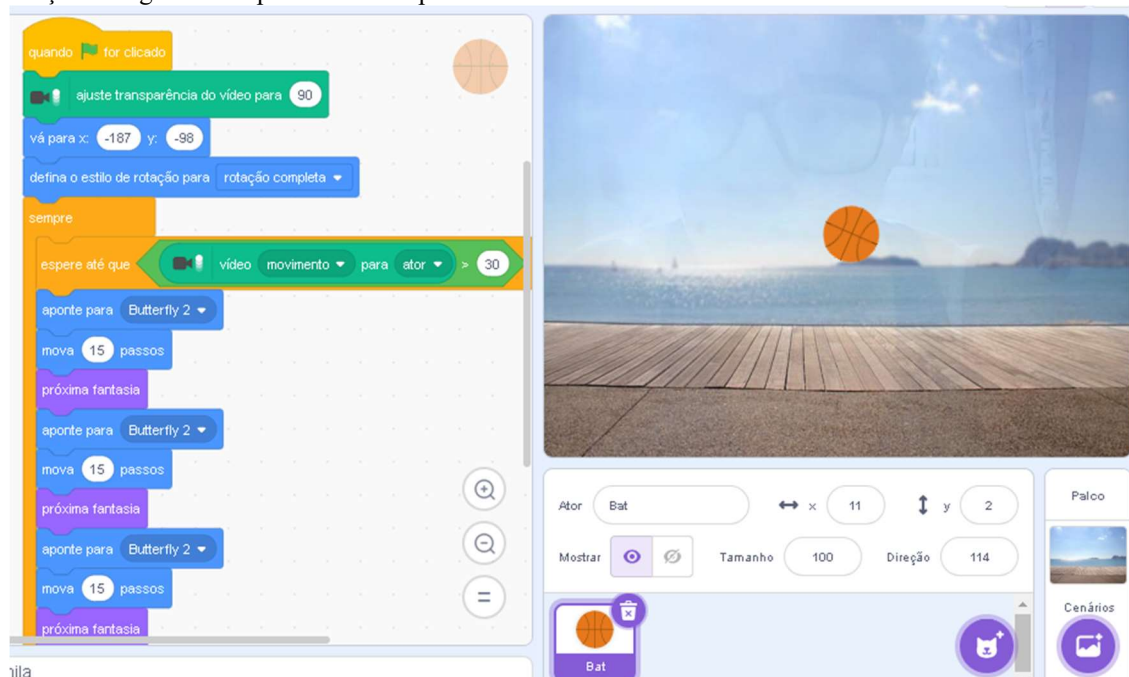
Percebemos nos dados produzidos no encontro posterior a esse, que aconteceu no dia 12 de agosto, uma continuidade no processo de aprendizagem de Paulo sobre o conceito de paralelismo de procedimentos através de suas experiências computacionais, o que será narrado a seguir.

5.3.2 - ExCEC E_{3b} - O paralelismo de Paulo - parte 2

No encontro do dia 12 de agosto de 2022 demos continuidade ao propósito de construir o primeiro jogo no Scratch. Para tanto, as crianças deveriam aplicar as aprendizagens intuitivas desenvolvidas pela exploração dos MMD e que foram discutidas e organizadas durante a primeira hora desse encontro com toda a turma. Após esse momento de organização do conhecimento, que consiste na etapa 5 do Movimento Matemático-PC, as crianças tiveram a liberdade de criar seus jogos inspirados nos recursos utilizados pelos MMD. Assim começa o episódio de uma das histórias de aprendizagem de Paulo.

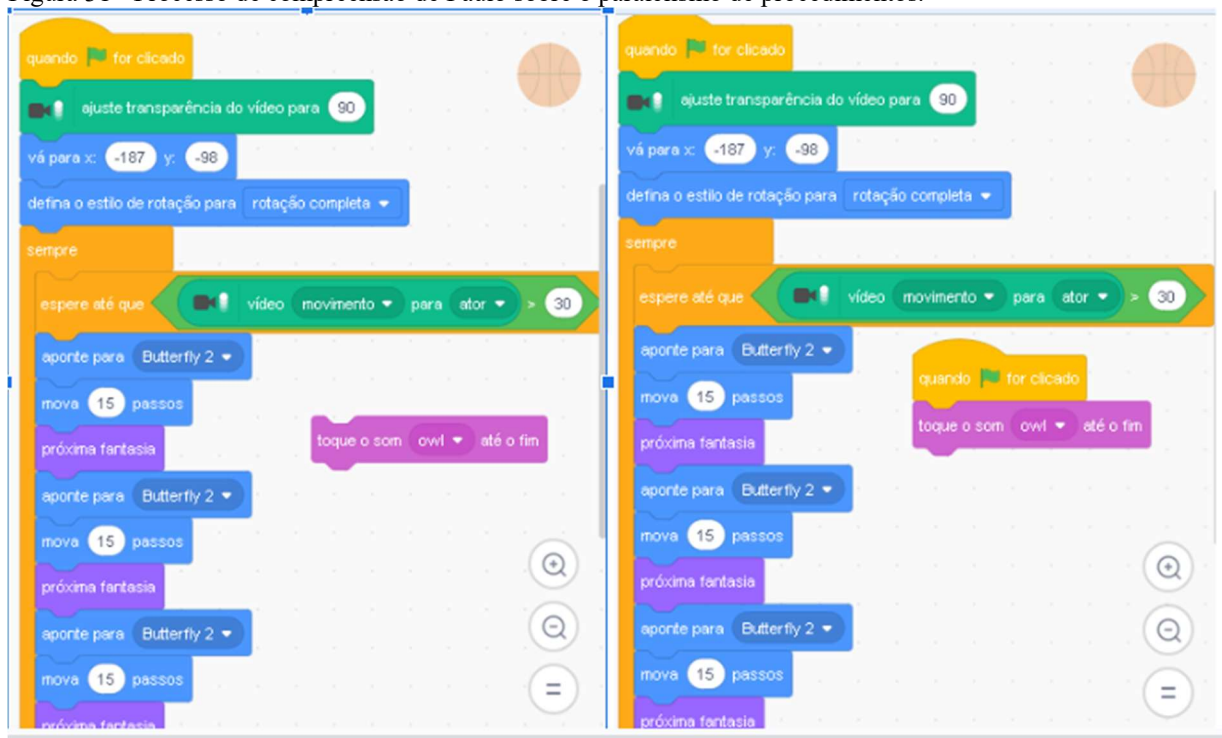
Paulo decide construir um jogo para movimentar uma bola de basquete usando os movimentos de mãos e braços identificados pela câmera de vídeo. Ele ainda estava indeciso sobre todos os personagens ou regras do jogo. Iniciou com um cenário e um ator, a bola de basquete. Se inspirou no MMD - *recursos de vídeo* para construir seu programa e usar a câmera de vídeo para movimentar a bola (Figura 30). Após construir seu primeiro bloco de comandos, responsável pelo movimento da bola, decide incluir um recurso de mídia no jogo. Seu desejo é que o programa toque uma *play list* de músicas enquanto o jogo estiver acontecendo. Consegue perceber que precisa do comando *Toque um som até o fim*, trazendo-o para a área de programação do Scratch sem, no entanto, inseri-lo no bloco de comandos já construído (Figura 31a). Surge então uma dúvida: onde inserir esse comando? Sua dúvida paralisa suas ações, quando então decide me chamar para pedir ajuda.

Figura 30 - Projeto de Paulo inspirado no MMD - recursos de vídeo, em que continuou seu processo de construção de significados para a ideia de paralelismo.



Fonte: elaborada pela autora.

Figura 31 - Processo de compreensão de Paulo sobre o paralelismo de procedimentos.



(a)

(b)

Fonte: elaborada pela autora.

Luciana: Você quer que, enquanto tudo isso aconteça, também toque a música, certo?

Paulo: Sim.

Luciana: Então você quer que duas coisas aconteçam ao mesmo tempo? Ou uma e depois a outra?

Paulo: Tipo, vai ficar fazendo isso daí, assim (aponta para o bloco que controla o movimento da bola). E vai continuar assim. Só que aqui óh (aponta para uma área “em branco” da área de programação), eu quero que a música fique em algum lugar daqui pra fazer com que fique tocando pra sempre... Não, pra sempre não, uma vez, porque eu vou colocar uma lista de músicas.

Luciana: E como você faz, então, pra duas coisas acontecerem ao mesmo tempo?

Paulo: Eu faço outro comando? (Quis dizer outro bloco de comandos)

Luciana: Como? Tenta aí.

Dou um tempo para Paulo construir sua solução com base em sua própria sugestão para “*construir outro comando*”. O que ele chama de comando é, na verdade, outro bloco de comandos, como fica evidenciado na Figura 31b. Paulo constrói outro bloco iniciando com o mesmo comando do primeiro bloco, caracterizando o paralelismo de procedimentos, conforme a Figura 31b. Ele leva, exatamente, 30 segundos para construir essa solução, sem qualquer interferência minha ou de outra pessoa.

Paulo: Aí eu vou colocar aqui óh.

Luciana: Ah, que legal! Olha só o que você fez! Você quer que duas coisas aconteçam ao mesmo tempo. Quando começa o jogo, acontece isso e isso (aponto com o indicador para os dois blocos de comandos apresentados na Figura 31b). Olha só o que você fez aqui. Você já resolveu seu problema. Você usou o que mesmo?

Paulo: Quando for clicado.

Luciana: É, porque quando clicar na bandeira verde, o programa vem e faz isso, e vem e faz isso também, ao mesmo tempo. (Aponto com o indicador para cada bloco de comandos iniciados com o mesmo comando).

Paulo: Ahh!

Luciana: Qual é o nome disso, você se lembra? Nós falamos sobre isso semana passada!

Dou um tempo e decido estender a pergunta à turma.

Luciana: Alguém se lembra como se chama a estratégia que usamos quando queremos que duas ou mais coisas sejam executadas ao mesmo tempo? Alguém se lembra?

Mais um tempo...

Luciana: Aprendemos na semana passada, e começa com PA!

Beatriz: Paralelismo!

Luciana: Paralelismo, parabéns Bia!

Neste episódio da ExCEC E₃ temos evidências de uma continuidade do processo de aprendizagem de Paulo sobre a ideia e o conceito de paralelismo de procedimentos. Processo esse que teve início no dia 24 de junho de 2022, com sua história narrada pela ExCEC E_{2b}, contemplou outro momento no dia 1 de julho apresentado pela ExCEC E_{2c}, quando teve um contato mais explícito e intencional com essa ideia. Outra vivência no dia 3 de agosto de 2022 com uma discussão aberta para toda a turma e relatada na ExCEC E_{3a}, culminando neste episódio que aconteceu no dia 12 de agosto de 2022, quando demandou por esse conhecimento para atender a um propósito por ele definido em seu projeto.

Percebemos na história de aprendizagem narrada pela ExCEC E_{3b} diferenças importantes quando comparada ao primeiro contato de Paulo com a ideia de paralelismo. Nesta ocasião, Paulo solicitou minha ajuda de uma forma mais assertiva, pois ele sabia o que queria e o que precisava para resolver seu problema, só não se lembrava como fazê-lo. Sua ação de trazer o comando para a área de programação, sem incluí-lo ao bloco que controlava o movimento da bola (Figura 31a) indicou que sabia que ali não era o local correto. Ele também aplicou a estratégia de modularização para dividir seu problema em partes menores, identificando e modelando cada uma de suas funcionalidades separadamente. Sua fala e gestos enfatizam esse fato, quando indica com as mãos e com sua fala que estava procurando “outro lugar na tela” para fazer o programa tocar a música. Sua fala também mostra que possuía clareza de pensamentos quanto ao que já havia feito (o bloco para movimentar a bola), e ao que precisa construir como próxima etapa de seu projeto (o bloco para tocar a música). Apenas não possuía a precisão de vocabulário para nomear os comandos ou blocos de uma maneira mais técnica.

O desejo e a dúvida de Paulo nas ExCEC E_{2c} e E_{3b} são os mesmos. No entanto, sua postura diante do problema diferiu. Percebemos que sua experiência atual (E_{3b}) foi impactada pelas aprendizagens desenvolvidas em suas experiências anteriores (E_{2b} e E_{2c}). Embora não tenha alcançado a solução de seu problema sozinho, suas ações e pensamentos expressos por suas falas demonstraram um conhecimento diferente daquele evidenciado anteriormente. Aqui, demonstrou um esforço para se lembrar de “alguma coisa que faltava” para alcançar seu propósito. Faltava-lhe algum gatilho para ajudá-lo a estabelecer as devidas conexões entre sua experiência em curso e suas experiências anteriores. Foi o que fiz quando o questionei: “E como você faz então pra duas coisas acontecerem ao mesmo tempo?” Na tentativa de levá-lo a sua experiência anterior através de sua memória, para resgatar o conhecimento que construiu ali e

que se relacionava ao problema atual por serem similares, mas em contextos diferentes. A questão formulada também teve como objetivo levá-lo a aplicar os princípios matemáticos *Faça conexões e Use algo que já saiba*.

De fato, o diálogo mostra que essa mediação questionadora foi suficiente para cumprir esses propósitos, pois o levou a mobilizar seu pensamento reflexivo computacional para construir as relações entre o que observava da situação e seu conhecimento anterior. O permitiu *sugerir* uma solução, que foi transformada em hipótese, concretizada através de seu programa, testada e validada. E um detalhe importante: ele desenvolveu todo esse processo de conceber uma ideia, inferir uma hipótese, pô-la em prática e testá-la em apenas 30 segundos, tempo este evidenciado através do vídeo que gravamos para documentar esse episódio. Disso, percebemos o que fala Dewey (1979) sobre a prontidão de uma sugestão, que corresponde à facilidade com que a situação é percebida e a resposta ou sugestão dada é construída. Dada uma situação problemática que suscita a reflexão, quão fácil foi para Paulo construir as sugestões a partir do que percebeu? A ideia sobre o paralelismo de procedimentos foi prontamente sugerida como solução durante a mediação questionadora, diferente de quando foi solicitada como candidata na ExCEC E_{2c}.

O aspecto relacionado à prontidão de uma ideia, sugestão ou solução impacta a perspectiva dominante na escola tradicional de que “o ‘brilhante’ emite de volta o fato iluminado com alguma nova qualidade [...] o espírito brilhante é rápido, vivo em suas reações de interpretação e sugestão das consequências vindouras” (DEWEY, 1979, p. 50). No contexto de uma educação matemática pela experiência esse tipo de “avaliação” se torna equivocada, pois as crianças podem “reagir de modo rápido e vivo quando o assunto em foco lhes parece valer a pena. [...] Um ‘tapado’ em geometria poderia mostrar-se suficientemente esperto, se a matéria lhe for apresentada em conexão com trabalhos manuais” (DEWEY, 1979, p. 50), por exemplo. Ou, como evidenciado na história de Paulo, se a ideia possuir conexão com suas experiências anteriores e surgir como resultado de uma busca para alcançar um propósito.

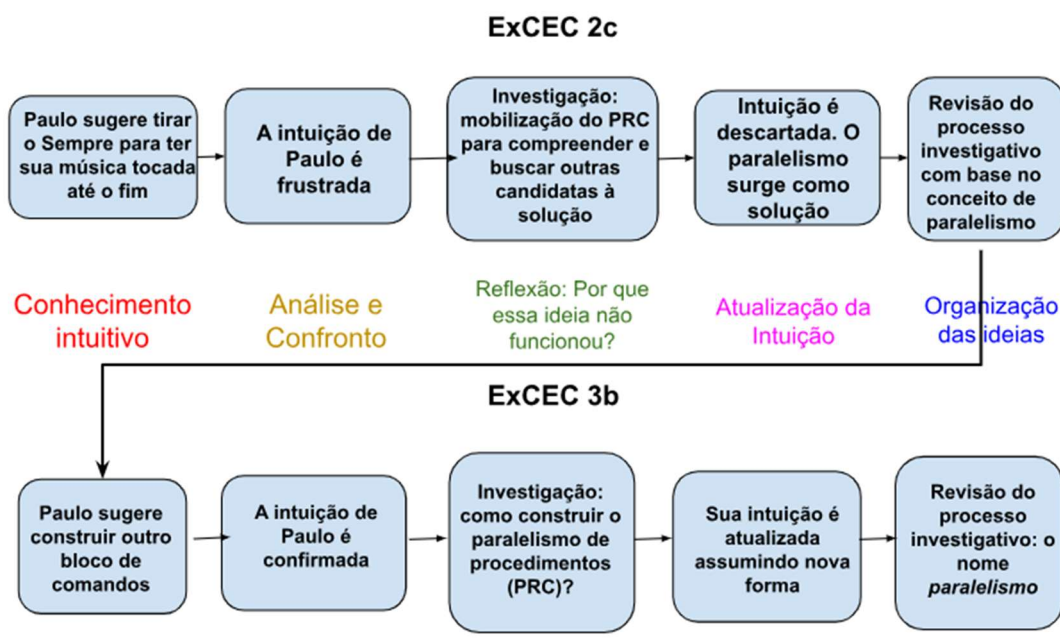
Outro ponto de reflexão se refere ao impacto que a ExCEC E_{3a} teve sobre as aprendizagens desenvolvidas por Paulo na ExCEC E_{3b}. Enquanto aquela era desenvolvida, Paulo estava explorando os MMD ou iniciando seu projeto *Meu primeiro jogo* no Scratch. Ele não participou ativamente e pessoalmente da discussão sobre o paralelismo desenvolvida no encontro anterior e narrada pela ExCEC E_{3a}. Talvez, apenas como ouvinte? E quando questionado sobre como essa estratégia se chamava, não conseguiu “dar nome aos bois”, o que foi feito pela Beatriz, uma das crianças que participou ativamente da ExCEC E_{3a}. Acreditamos

que “participar” da experiência de um terceiro apenas como ouvinte pode contribuir para a aprendizagem pela construção de significados, a qual depende do engajamento do aprendiz em sua experiência computacional, e de uma postura ativa para observar e refletir durante um processo investigativo rumo a compreensão e resolução de uma situação problemática pela mobilização de seu pensamento reflexivo computacional.

Das ExCEC E_{3a} e E_{3b} percebemos que diferentes momentos de aprendizagens, desenvolvidos individualmente ou em grupos de crianças, contribuíram para todo o processo de aprendizagem sobre o conceito de paralelismo de procedimentos. Processo este que aconteceu enquanto as crianças estavam engajadas em suas experiências computacionais que proporcionaram a construção de significados para o que observavam e se relacionavam à ideia de paralelismo. Além disso, a aprendizagem desse conceito surgiu como demanda necessária para a resolução de situações problemáticas, como um conhecimento útil que precisava ser aprendido para ser aplicado na construção das soluções. Isso corrobora a perspectiva de Papert (1985) sobre as possibilidades de se aprender ideias científicas e formais em micromundos computacionais por serem solicitadas como um conhecimento valoroso e útil para concretizar um projeto pessoal. Ou, o que diz Dewey (1979) sobre se interessar de forma indireta por um conhecimento formal para cumprir um propósito com um fim prático durante uma experiência através da mobilização do pensamento reflexivo concreto do aprendiz.

Nas ExCEC E_{2b} , E_{2c} , E_{3a} e E_{3b} , o processo de construção de significados para a ideia de paralelismo partiu de ideias intuitivas desenvolvidas de forma autônoma pelas crianças e com a aplicação da mediação questionadora. Evidenciamos o movimento de transformação da ideia sobre o paralelismo durante o processo de aprendizagem de Paulo, que se iniciou com uma ideia intuitiva construída, num primeiro momento, como uma sugestão, uma hipótese para resolver um problema, passou por um processo de organização mediado pela professora, surgindo novamente como sugestão de uma possível solução em uma nova situação problemática, em uma nova experiência em outro contexto, mas evidenciando uma natureza de prontidão, característica presente em sugestões que surgem rapidamente ao pensamento por já serem familiares ou se tratarem de um conceito concreto para o aprendiz do ponto de vista da aprendizagem. A Figura 32 apresenta o Movimento Matemático-PC pelo qual passou a ideia do paralelismo de procedimentos durante o processo de aprendizagem de Paulo em E_{2c} e E_{3b} , em que teve a oportunidade de mobilizar seu Pensamento Reflexivo Computacional para a construção de significados para a ideia de paralelismo.

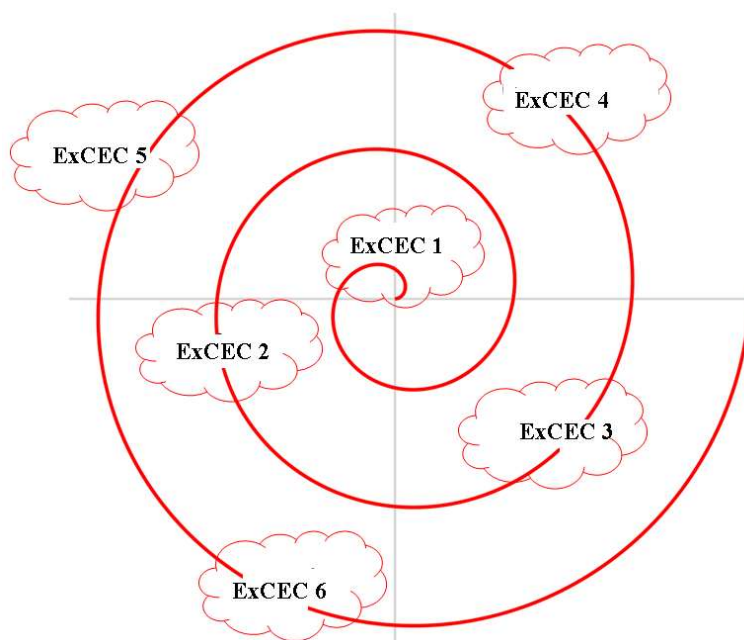
Figura 32 - Movimento Matemático-PC desenvolvido pelo Pensamento Reflexivo-Computacional de Paulo para construir o significado do conceito de paralelismo de procedimentos.



Fonte: elaborada pela autora.

Percebemos na Figura 32 que a aprendizagem de Paulo sobre o conceito de paralelismo segue um movimento em espiral, em que a ExCEC E_{2c} atualiza e amplia sua compreensão impactando sua experiência futura em E_{3b} , pois o “que [Paulo] aprendeu como conhecimento ou habilitação em uma situação torna-se instrumento para compreender e lidar efetivamente com a situação que se segue. O processo continua enquanto vida e aprendizagem continuem” (DEWEY, 1976, p. 37). A experiência anterior (E_{2c}) impacta a experiência posterior por ambas estarem conectadas através do significado de paralelismo apreendido indiretamente por Paulo, o qual reconhece na experiência em curso algo de alguma experiência anterior. Evidenciamos, portanto, que esse processo de aprendizagem pode ser representado pela espiral do conhecimento de Dewey (1979) aplicada sobre a sequência de ExCEC que se sucedem e se conectam através dos conhecimentos e familiaridades identificadas nas situações, produzindo como resultado da aplicação do princípio do *continuum* um efeito de continuidade sobre o processo de aprendizagem, de modo que algo da situação presente é levado para as situações posteriores, transformando assim a pessoa e as próprias situações subsequentes. O aprendiz transforma-se e se instrumentaliza para agir sobre situações futuras. Temos, então, a *unidade* sobre o processo de aprendizagem como resultado da aplicação do princípio do *continuum* experiencial (DEWEY, 1976), processo esse que pode ser representado por uma espiral de ExCEC, conforme ilustrado pela Figura 33.

Figura 33 - Espiral das ExCEC para representar a aplicação do princípio do *continuum* sobre o processo de aprendizagem por experiências.

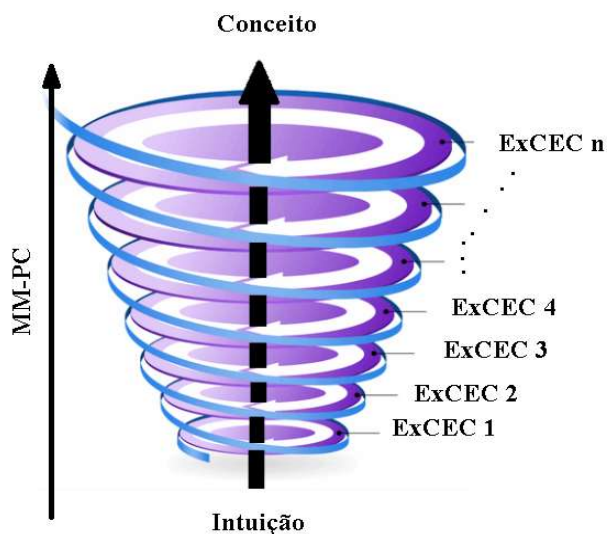


Fonte: elaborada pela autora.

É através de uma espiral de ExCEC que passa o movimento de ideias matemáticas e computacionais desenvolvido e suportado pelo Pensamento Reflexivo Computacional de um aprendiz. Movimento que parte de uma ideia intuitiva rumo a construção de um conceito formal relacionado a essa ideia. Foi o que observamos nas experiências computacionais de Paulo desenvolvidas para construir o significado do conceito de paralelismo de procedimentos. O processo de aprendizagem desse conceito se deu durante o desenvolvimento de uma sequência de ExCEC, partindo de uma intuição vaga, que sofreu um processo de transformação e atualização de ideias e conhecimentos, rumo à construção de um conceito formal sobre o paralelismo de procedimentos. Neste sentido, quando trazemos o movimento Matemático-PC para o interior de uma espiral de experiências computacionais educativas construcionistas, obtemos o que chamamos de ciclone de ExCEC para o Movimento Matemático-PC de um aprendiz, conforme representado na Figura 34.

O ciclone de Experiências Computacionais Educativas Construcionistas é uma representação do movimento de transformação pelo qual passam intuições matemáticas e computacionais construídas pelo próprio aprendiz, até alcançarem o *status* de uma concepção. Neste momento, passam a se tornar um padrão de referência para serem aplicadas num processo de compreensão de novas situações em novas experiências. Se tornam concretas do ponto de vista da aprendizagem, e disponíveis em seu arsenal intelectual -como instrumentos para serem utilizadas sempre que necessário.

Figura 34 - Ciclone de ExCEC para representar o Movimento Matemático-PC de uma ideia intuitiva matemática ou computacional até alcançar o status de uma concepção.



Fonte: elaborada pela autora.

Não se sabe por quantas experiências educativas uma criança precisará passar até construir para si uma concepção partindo de uma ideia vaga, pois seu pensamento reflexivo computacional, sendo único e pessoal, é o responsável por guiá-la neste processo de aprendizagem, o qual também depende de suas experiências pessoais anteriores. Foi o que observamos nas experiências computacionais para a construção do significado para a ideia de paralelismo. A ideia era a mesma, mas as experiências desenvolvidas pelo Paulo, pela Bia, pelo Kauã, pela Kimberly e pela Eloá foram distintas, a depender de suas experiências anteriores e das conexões estabelecidas por seu pensamento reflexivo computacional. Neste sentido, cabe ao professor compreender que cada criança irá desenvolver de modo único e pessoal seu próprio ciclone de ExCEC rumo à construção de suas concepções através de um processo de aprendizagem pela construção de significados matemáticos e computacionais pela experiência inteligente.

5.3.3 - ExCEC E_{3c} - A ideia poderosa de *micromundos*

Esse episódio da ExCEC E₃ aconteceu no dia 12 de agosto de 2022. Teve como objetivo desenvolver a atividade 2 da E₃, planejada para promover uma discussão com a turma sobre suas aprendizagens individuais e exploratórias desenvolvidas no encontro anterior do dia 3 de agosto, pela exploração dos MMD. Neste sentido, nossa ação pretendeu desenvolver as etapas de 2 a 5 do Movimento Matemático-PC para oportunizar a análise e confronto das ideias intuitivas construídas pela aprendizagem exploratória, a atualização dessas ideias quando necessário e organizar as aprendizagens em função das conclusões construídas.

Além disso, pretendemos analisar as contribuições dos MMD para o processo geral de aprendizagem pela experiência computacional, avaliando quais aprendizagens foram e não foram alcançadas, consolidar e ampliar as aprendizagens desenvolvidas, identificar e corrigir equívocos de compreensão e oportunizar novas aprendizagens. Nossa análise se interessa em compreender como a estratégia de aprendizagem exploratória e autônoma através dos MMD pode contribuir para uma aprendizagem do tipo natural, concebida como aquela que acontece sem ensino deliberado (PAPERT, 1985).

O encontro começou quando pedi a atenção da turma, explicando que iríamos dedicar parte do nosso tempo para discutir o que eles haviam aprendido no encontro anterior explorando seus MMD. Participaram desse encontro 10 crianças, das quais apenas quatro - Vitor, Paulo, Beatriz e Kauã - estavam presentes no encontro anterior, e participaram da atividade de exploração dos MMD. Essa é uma realidade característica de um estudo desenvolvido num ambiente naturalístico, em que uma de suas variáveis, a presença e participação do sujeito, não pode ser controlada ou antecipada, como em um estudo do tipo Experimento de Ensino, por exemplo, em que os experimentos são planejados, agendados e desenvolvidos com a participação de todos os sujeitos selecionados a priori. Assim, aproveitamos essa discussão para também dar oportunidade àqueles que faltaram para explorar os MMD e desenvolver suas aprendizagens durante a discussão.

Começamos a discussão pelo MMD-recursos de vídeo (Figura 27), propondo aplicar o que aprenderam sozinhos para ampliar esse material e construir colaborativamente o jogo Pega Borboleta. Assim contamos nossa história...

João Paulo, mais conhecido como JP, é uma criança bastante agitada. Tem muita dificuldade de seguir orientações. Principalmente quando precisa parar de fazer o que quer para fazer o que é solicitado. Constantemente interrompe suas atividades de programação para voltar-se ao *site* do *youtube*. No entanto, neste dia, ao me ouvir falar que iríamos construir um jogo, para para prestar atenção. Ao observar meus movimentos em frente à câmera de vídeo para movimentar o morcego, pensa e pergunta: “Isso é um jogo?” Eu respondo que sim, pergunto: “Mas por que você está com dificuldade de perceber que é um jogo?” JP responde: “Ah, é porque tem só isso”. Junto a sua fala, demonstra em seu rosto uma expressão de discordância sobre o que observava, pois, para ele, para ser chamado de jogo precisava ter mais recursos além dos

apresentados. Enxergo nesse comentário uma ótima oportunidade para engajar a turma no processo de construção colaborativa do jogo, pois se queremos um jogo *mais legal*, então precisamos trabalhar para alcançar isso. Decido ouvir as ideias das crianças sobre o que estava faltando, e pergunto a JP: “o que você acha que está faltando?” JP responde prontamente: “uma casa assombrada, ou aquelas árvores mortas.” Elogio suas ideias, concordando que o jogo precisava de um cenário que combinasse com o enredo do jogo. As sugestões de JP estimularam uma enxurrada de ideias das demais crianças: “um placar”, “pontos”, “o final”, “o começo”, “poderia ter tempo né”, “um som meio sombrio”, “coloca vidas”, “um sangue na boca dele, porque ele comeu um monte de bichinhos”. O engajamento das crianças fora conseguido! Agora, precisávamos organizar as etapas necessárias para a construção do jogo, dividi-lo em suas partes ou módulos constituintes, o que começou com a seguinte proposta: “então vamos começar a fazer por partes”, dando início aos seguintes diálogos repletos de histórias de aprendizagens!

Luciana: Olhem esse comando aqui: *Ajuste a transparência do vídeo para*. Quem lembra para que ele serve?

Paulo: Eu! Para deixar mais escuro para não aparecer ninguém, ou mais claro para aparecer.

Luciana: Aparecer quem está fazendo o quê?

Paulo: A imagem.

Yago: O vídeo.

Luciana: Isso, o jogador, certo?

Turma: É.

Luciana: Olhem aqui, vocês estão me vendo?

Turma: Sim.

Luciana: Como está minha imagem? Fraca ou forte?

Turma: Está claro.

Luciana: Olhem só, que número está aqui no comando?

Turma: 50.

Luciana: Então vamos mudar, tirar o 50 e colocar outro número. Quem sabe o que acontece se eu mudar esse número?

Paulo: Eu não sabia, mas na aula passada o Vitor me ajudou.

Vitor é uma criança muito interessada em suas explorações autônomas, e demonstra dominar a “arte da exploração”. O que mais gosta de fazer nos encontros é descobrir coisas sozinho. Demonstrou muito interesse e entusiasmo para construir seus projetos no Scratch desde seu primeiro contato com esse ambiente de programação. Seu engajamento e coragem para enfrentar desafios e alcançar suas descobertas sempre o levou para “lugares não planejados e desconhecidos”. Isso significa que Vitor sempre estava à frente das demais crianças da turma no sentido de ir além do solicitado, ou além das aprendizagens desenvolvidas por seus colegas. Eu não o impedia, ao contrário o deixava livre para “voar” em seus experimentos, auxiliando-o sempre que necessário. Ele se sentia muito feliz em compartilhar o que descobria com seus amigos, principalmente com Paulo. Ambos compartilhavam o mesmo gosto musical, o que parecia ser um tema de ligação e conexão entre suas ideias e aprendizagens. Como resultado, costumavam “trocar figurinhas” sobre como poderiam construir seus projetos ou resolver seus problemas. Temos neste diálogo um dos exemplos das muitas aprendizagens colaborativas construídas entre Vitor e Paulo.

Luciana: Então o Paulo e o Vitor descobriram juntos e sem a minha ajuda o que faz esse comando. Então, o que eu faço, Vitor, para aparecer a minha imagem mais forte?

Vitor: É só você aumentar o número.

Luciana: Aumentar o número, então de 50 vou mudar para 100, e vamos ver o que acontece. (Faço as alterações no programa e testo).

Luciana: O que aconteceu, apareceu mais de mim?

Turma: Não. Ficou muito claro.

Luciana: Então, quando eu aumento o número aparece mais a imagem do jogador ou menos?

Turma: menos.

Luciana: Isso

Kauã: Coloca 1 professora.

Luciana: Vou colocar 1. Vamos ver (troco e testo o programa).

Luciana: Apareceu mais de mim, ou menos?

Turma: Mais.

Kauã: Bem melhor.

Luciana: Ficou bem melhor? Então deu pra entender? Qual será a diferença então? Se eu quero ver mais do jogador ou menos? Por exemplo, se eu tenho um cenário igual a ideia que o JP teve (procuro no Scratch um cenário com as características descritas pelo JP. Altero o programa e testo).

Turma: Mas não apareceu.

Luciana: Não está aparecendo por que?

Vitor: Porque você tem que aumentar o número para aparecer mais o cenário.

Luciana: Ahhh. Olhem só, está no 1. Então aparece muito mais o jogador. E se eu quero que apareça mais o cenário, o que eu tenho que fazer, aumentar ou diminuir o número?

Paulo: Aumentar.

Vitor: Você pode colocar 50 porque aí aparecem os dois igual.

Luciana: Vocês viram o que o Vitor falou? Por que 50?

Vitor: Porque é metade, aí não vai ficar nem muito claro nem muito escuro.

Luciana: Boa ideia Vitor. Como 50 é metade de 100, então você relacionou a ideia de metade do número à metade da imagem. Muito bem (palmas).

A discussão sobre esse comando abriu as portas para uma boa e proveitosa conversa matemática que aconteceu naturalmente. Sem serem convidados a estudar matemática, ou a fazer “continhas”, as crianças começaram a raciocinar sobre o significado do número utilizado pelo comando *Ajuste a transparência do vídeo para*. Um problema matemático surgiu quando precisávamos compreender a funcionalidade do comando: para que serve esse número? Ou, como podemos manipulá-lo para alcançar nossos objetivos?

A compreensão do significado do número dentro do contexto do comando foi construída através de uma exploração orientada por questionamentos e desenvolvida com toda a turma. Vitor e Paulo já haviam manipulado esse material em suas experiências anteriores, o que os permitiu construir sozinhos suas ideias intuitivas a respeito desse significado através de uma investigação, pela elaboração e teste de conjecturas. Suas intuições foram compartilhadas com a turma, confrontadas por novos testes, e confirmadas. As outras crianças que não exploraram esse material, tiveram a oportunidade de participar da exploração e construção colaborativa de ideias e significados, com base no que observavam e em seu conhecimento já aprendido.

Nesse episódio da ExCEC E₃ destacamos diversos fatos que apresentam sinergia com nossos pressupostos teóricos, contribuindo para construirmos nossas compreensões em torno de nossa questão de pesquisa, os quais serão discutidos e analisados nos tópicos a seguir.

O engajamento para uma aprendizagem matemática sintônica.

Iniciamos esta história de aprendizagem com um narrativa que teve JP como protagonista. Algo nos chamou a atenção no comportamento de JP neste episódio e que mereceu destaque: seu engajamento, motivação e demonstração de criatividade. Esse comportamento não era costumeiro, pois tinha dificuldade de se manter focado numa mesma atividade durante muito tempo. No entanto, nesta oportunidade, algo relacionado ao micromundo chamou sua atenção e o despertou para participar da discussão: a construção de um jogo. Além dos fatos narrados, outros aconteceram durante o encontro envolvendo o “ator JP”. Em um deles, quando discutimos a função do comando Sempre, ele disse: “Pro, eu acho que se a gente tirar esse comando, o morcego vai parar de mexer”. Em outro momento, perguntou: “professora você já fez algum jogo?” Eu disse que sim, e que passaria meu *username* no Scratch para ele encontrar meus jogos. Ele, então, disse: “Ah, e o *link*, depois você passa pra gente?”. Ele realmente se interessava por jogos.

Percebemos evidências de que “a tarefa do vir a conhecer uma ideia ou pessoa não pode ser executada por um terceiro” (PAPERT, 1985, p. 168). JP precisou *decidir participar* das atividades desenvolvidas por conta própria, e assim o fez demonstrando um estilo próprio para “vir a conhecer” as ideias envolvidas em seu processo de aprendizagem. Neste episódio, JP decidiu aplicar para si o princípio matético *Faça parte do micromundo*, para se permitir ingressar em uma “nova comunidade” de ideias e conhecimentos e participar dela. O que se relaciona a ideia de Dewey (1979) sobre a responsabilidade pessoal do aprendiz por sua própria aprendizagem, pois se aprender é próprio dele, a motivação, engajamento, postura ativa, o agir com todo o coração e a responsabilidade intelectual devem vir dele, pois “só ele aprende, e por si; portanto, a iniciativa lhe cabe” (DEWEY, 1979, p. 43).

A aprendizagem do “vir a conhecer” de JP foi oportunizada por ter estabelecido conexões sintônicas entre si e o micromundo Pega Borboleta. Se sentiu parte de um contexto que para ele possuía sentido por possuir *ressonância cultural* (PAPERT, 2008), ou seja, o conhecimento objeto do estudo estava inserido dentro de um contexto social mais amplo e que para ele possuía sentido.

Construir seu próprio jogo representava para JP um projeto pessoal que lhe trazia satisfação, por isso demonstrou motivação e engajamento por seu próprio processo de aprendizagem. Assim, ao “prover tecnologias e ambientes colaborativos adequados para desenvolver projetos pessoais, espera-se que o aprendiz trabalhe de modo árduo e que produza resultados significativos para si próprio e para o grupo” (PAPERT, 2008. p. 11), como pretendia

JP. Essas evidências corroboram nossa construção teórica sobre as atividades de programação serem uma oportunidade para desenvolver nas crianças o hábito do estilo de pensamento reflexivo computacional, promovendo o engajamento necessário para o enfrentamento e resolução de situações problemáticas.

Essas e outras questões relacionadas ao engajamento impactam a prática docente, pois é responsabilidade do professor pensar e planejar as experiências educativas ou os micromundos que serão desenvolvidos com seus alunos. É o que diz Dewey (1976) sobre a relação entre a aprendizagem pela experiência e a prática do professor, que precisa se preocupar em planejar as condições objetivas da situação a fim de proporcionar a aplicação do princípio da interação entre elas e as condições subjetivas do aprendiz, engajando-o num processo investigativo rumo ao cumprimento de seu propósito. Ao mesmo tempo em que tem a responsabilidade de “dispor as coisas para que as experiências, conquanto não repugnem ao estudante e antes mobilizem seus esforços, não sejam apenas imediatamente agradáveis mas o enriqueçam e, sobretudo, o armem para novas experiências futuras (DEWEY, 1976, p. 16). Precisa ir além de propor atividades que sirvam como motivação ou exercício social, para alcançar nelas *“problemas típicos que devam ser resolvidos por reflexão e experimentação pessoal e pela aquisição de conteúdos definidos de conhecimentos capazes de levar, mais tarde, a noções científicas mais especializadas”* (DEWEY, 1979, p. 214, grifo do autor). Foi o que observamos nas histórias e diálogos apresentados, que evidenciaram não apenas a motivação e engajamento das crianças, mas também oportunidades para se mobilizar e desenvolver seu pensamento reflexivo computacional para compreender e resolver situações problemáticas envolvendo a ideia de números, razão e proporção, como discutiremos a seguir.

E_{3c} 1 - A aprendizagem matemática que acontece num contexto significativo para a criança

Os testes para validar as ideias de Vitor e Paulo levaram a turma a compreender a função do comando e o significado do número nesse contexto. Temos mais uma evidência de que a aprendizagem pela construção de significados acontece num contexto, pelo uso e aplicação dos conceitos, ainda enquanto sugestões ou intuições.

O micromundo computacional do jogo Pega Borboleta se apresentou como uma possibilidade para se desenvolver uma aprendizagem pela construção de conceitos através de seu uso, pois “os acontecimentos [...] adquirem significação pelo uso; e que este uso envolve sempre um contexto” (DEWEY, 1979, p. 147).

O contexto do micromundo do jogo Pega Borboleta foi útil para Vitor expressar suas ideias relacionadas ao conceito de *razão e proporção*. As explorações levaram a turma a

perceber que poderiam manipular o valor do número passado como argumento do comando, aumentando-o ou diminuindo-o, até alcançar a transparência desejada para o jogador e para o cenário. Quando inseri o número 100, perceberam que a imagem do jogador sumiu, e quando usamos o número 1, o cenário desapareceu. Vitor associou o número 100 à *visibilidade total do cenário*, logo, teve a ideia: para cenário e jogador ficarem igualmente visíveis, basta dividir esse valor pela metade. O raciocínio matemático de Vitor construiu relações entre o número 100 e o todo de uma situação ou objeto, assim como fazemos quando estudamos o conceito de porcentagem. Também, desenvolveu um raciocínio matemático para estabelecer as proporções necessárias para cada parte do todo ficar visível: definiu a razão de 0,5 para cada parte do todo. Por fim, aplicou esse raciocínio para calcular qual número deveria aplicar como argumento do comando, chegando ao valor de 50.

Percebemos nesta história de aprendizagem que o micromundo Pega Borboleta pode ser utilizado para desenvolver ideias matemáticas formais a partir de intuições construídas pelas crianças em suas explorações, as quais acontecem num processo investigativo que envolve a construção e teste de conjecturas. As situações narradas são exemplos de como o processo de transformação das ideias intuitivas relacionadas à razão e proporção pode se desenvolver até alcançarem o *status* de conceitos matemáticos formais. Um processo de aprendizagem sintônico, motivado por um propósito que, ao ser desenvolvido, suscita diversas situações problemáticas que precisam sofrer a ação do pensamento reflexivo computacional para serem resolvidas. Que acontece num micromundo permeado por ideias científicas formais que se tornam acessíveis a partir das possibilidades de conexões entre o conhecimento concreto da criança e o conhecimento que se apresenta como novo e desconhecido, viabilizando a aprendizagem pela mobilização do pensamento reflexivo computacional e pela aplicação dos princípios matemáticos.

E_{3c} 2 - A aprendizagem matemática mediada por um objeto-de-pensar-com

O micromundo do jogo Pega a Borboleta funcionou como um contexto de aprendizagem rico em elementos manipuláveis que estão associados a ideias matemáticas, atribuindo valor e utilidade a esse conhecimento. Serviu para Vitor e seus amigos como um *objeto-de-pensar-com*, como um mediador para iniciar a assimilação dos conceitos de razão e proporção em termos do significado construído para si sobre a funcionalidade do comando *Ajuste a transparência do vídeo para* e do número utilizado como argumento, assim como as engrenagens serviram para Papert como um *objeto-de-pensar-com* para assimilar o conceito de equações (PAPERT, 2008). Essa experiência exemplifica como um material manipulável pode

se tornar um *objeto-de-pensar-com*: precisa fazer parte do ambiente natural da criança para que possa se relacionar com ele; fazer parte do mundo dos adultos para que a criança possa se comunicar e se relacionar com eles; precisa estar impregnado de conhecimento matemático para que a criança tenha contato com sistemas formais; por fim, precisa estar em sintonia com algo já conhecido pela criança, neste caso, sua própria imagem projetada no cenário do Scratch pela câmera de vídeo. Dessa forma, inspirados pelas ideias do construcionismo, alcançamos o preconizado por Papert em suas pesquisas: projetamos “outros objetos [de pensar-com] que as crianças possam se apropriar a sua própria maneira” (PAPERT, 1985, p. 25): o jogo Pega Borboleta programado no Scratch.

O micromundo Pega Borboleta permitiu que Vitor e seus amigos concretizassem suas ideias formais através de uma linguagem natural à criança, tornando seus pensamentos tangíveis, acessíveis a sua própria reflexão, oportunizando mobilizar seu pensamento reflexivo computacional e o pensar sobre o pensar. Como consequência, eles tiveram acesso a uma forma concreta de suas ideias, e “Conhecimentos que só eram acessíveis através de processos formais podem agora ser abordados concretamente” (PAPERT, 1985, p. 37) através de recursos computacionais, tornando esses conhecimentos mais acessíveis às crianças mais novas, dando a elas a oportunidade de se constituírem pensadores formais. O que era abstrato - os conceitos de razão e proporção - tornou-se concreto e sistemático, representado através de uma linguagem que eles entendiam, disponibilizando um modelo concreto do estilo de pensamento reflexivo computacional que pode ser acessado, manipulado, alvo de reflexão e corrigido.

E3c 3 - A aprendizagem matemática pela comunicação e discussão de intuições matemáticas das crianças

Vitor teve a oportunidade não apenas de “dar a resposta correta”, mas sobretudo expressar seu raciocínio matemático para justificar suas ideias, desenvolvendo uma boa discussão matemática de forma natural. Temos o que Papert (1985) fala sobre um micromundo computacional abrir diversas possibilidades para pensar e comunicar ideias matemáticas de modo natural, pois o computador “fala” matemática através dos comandos de sua linguagem de programação.

Quando construímos o micromundo Pega Borboleta como um contexto de aprendizagem rico em elementos manipuláveis que estão associados a ideias matemáticas, o resultado foi a obtenção de um ambiente que possuía uma linguagem matemática natural, assim como o era os micromundo do tipo Matelândia no Logo (PAPERT, 1985). Através dele, Vitor e seus amigos puderam pensar e construir suas intuições sobre o que observavam, e sem

perceber que estavam fazendo matemática, construíram relações matemáticas de razão e proporção entre suas ações e os resultados observados. O pensar, agir e o falar matemática se desenvolveram como um só processo, sem emendas ou pausas para “estudar matemática”.

Além de natural, esse conhecimento se tornou valorizado e útil, e como consequência, as crianças assumiram uma nova postura e disposição para aprendê-lo com engajamento e motivação. Por fim, percebemos que neste ambiente de micromundo surgiu uma nova forma para comunicar o conhecimento matemático, influenciando “a forma das linguagens que essas pessoas [crianças] aprendem” (PAPERT, 1985, p. 50), como evidenciamos nesse episódio da ExCEC E₃.

E_{3c} 4 - As correspondências entre a aprendizagem construcionista num micromundo e a aprendizagem pela experiência educativa

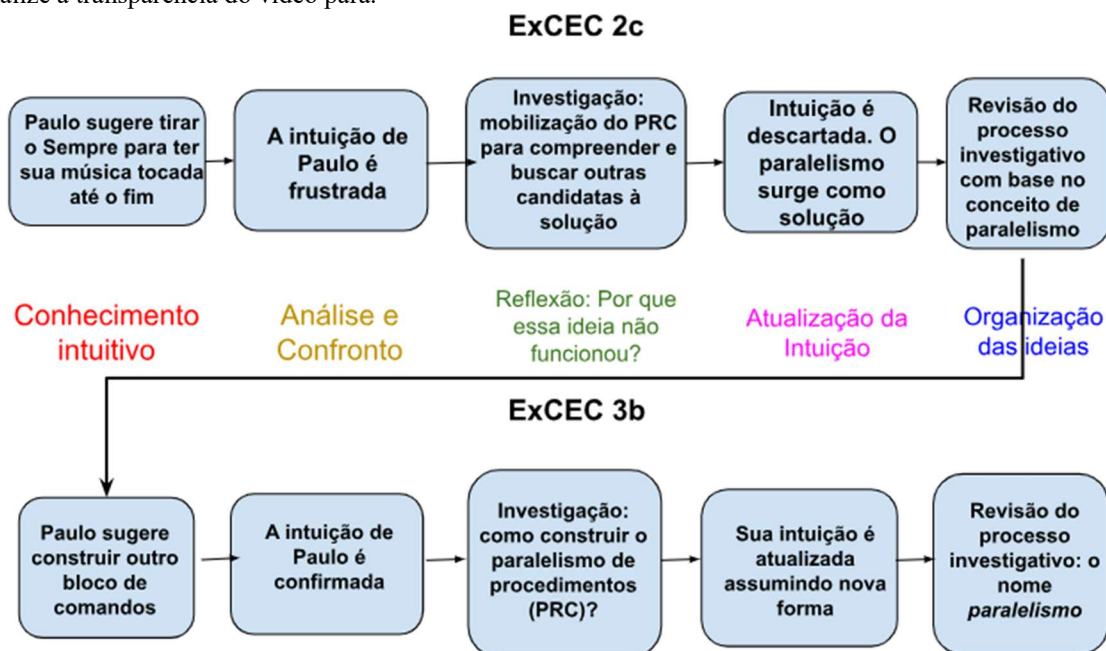
As experiências computacionais desenvolvidas no micromundo Pega Borboleta (Figura 27) permitiram realizar experimentos para construir as significações de ideias matemáticas relacionadas aos conceitos de razão e proporção. Esse processo incluiu o momento em que foram solicitadas pela mente ainda enquanto sugestões por já possuírem relação com algo já aprendido anteriormente e presente na experiência em curso. Enquanto sugestões, se transformaram em hipóteses para serem investigadas como possíveis soluções do problema que se apresentava: como podemos manipular o número, argumento do comando, para alcançar a transparência da imagem desejada? Essa investigação deu início a um processo de aprendizagem de matemática que partiu de intuições matemáticas construídas pela observação e poderia se estender até alcançar as concepções matemáticas formais relacionadas aos conceitos de razão e proporção construídas pelo próprio aprendiz.

Evidenciamos neste episódio a afirmação de Dewey sobre como acontece a construção e desenvolvimento de concepções pelo próprio aprendiz. Elas não “se formam através do ato de extrair os traços comuns de objetos já prontos” (DEWEY, 1979, p. 156), apresentados numa aula instrucional. Sua construção começa com experiências, e a cada novo contato com as mesmas ideias inseridas em outros contextos, “procura aplicar a cada nova experiência todo resultado da anterior que a auxilie a entendê-la e tratá-la” (DEWEY, 1979, p. 158). Ou, quando Papert (1985) diz que devemos permitir que o aprendiz construa e trabalhe com sistemas transitórios de conceitos, que iniciem seus estudos partindo do que entendem sobre o conceito, podendo ser algo do senso comum ou uma intuição vaga e imprecisa, para de forma gradual alcançar o formalismo pretendido.

Nossa análise deste episódio de E₃ evidenciou o Movimento Matemático-PC do significado construído por Vitor, Paulo e seus colegas para o número utilizado como argumento do comando *Ajuste a Transparência*, partindo das intuições construídas por Vitor e Paulo. Suas explorações individuais os levaram a compreender a funcionalidade do comando, atribuindo ao número o significado de controle da transparência da imagem no vídeo. Essa primeira intuição foi comunicada durante a discussão como uma possível resposta à pergunta: para que serve este comando? Como hipótese, foi posta em prática, testada e parcialmente validada (etapa 2 do MM-PC), pois o significado do número ainda carecia de melhores compreensões.

Na etapa 3, empreendemos um processo reflexivo, buscando construir um significado para o número utilizado como argumento do comando, tentando responder a pergunta: como controlar a transparência do vídeo através do número? Essa investigação atualiza a intuição inicial, complementando as aprendizagens exploratórias individuais e estabelecendo as devidas relações entre o significado do comando e o significado de seu argumento número. O resultado final, o significado da sentença formada pelo comando e seu argumento é então construído com toda a turma, sendo também sistematizado através da discussão. A Figura 35 apresenta as etapas do Movimento Matemático-PC pelas quais passou a intuição inicial de Vitor e Paulo até alcançar a etapa 5 de organização das ideias.

Figura 35 - Movimento Matemático-PC da intuição sobre o significado do número no contexto do comando Atualize a transparência do vídeo para.



Fonte: elaborada pela autora.

Além disso, foi possível perceber neste episódio que a estratégia adotada para desenvolver uma aprendizagem exploratória e autônoma através dos MMD foi bem sucedida,

pois cada criança foi capaz de construir significados para o que experienciava. Significados que dependeram das conexões que conseguiram estabelecer entre a experiência em curso e experiências anteriores e de seus conhecimentos já aprendidos. Isso é o que determina a amplitude e profundidade das aprendizagens individuais e autônomas, as quais vão ser únicas e específicas para cada criança.

Esse fato torna a etapa 5 de Organização de Ideias ainda mais importante para o contexto de uma aprendizagem pela experiência, pois cabe ao professor reconhecer as especificidades da aprendizagem de cada criança para, de acordo com elas, desenvolver a etapa 5. Foi o que fizemos quando pautamos nossa discussão com base nas ideias e significados construídos pelas crianças, tendo seu nível de conhecimento como parâmetro, e não o conhecimento do professor. E assim, avançamos na construção dos significados partindo do que já compreendiam. Portanto, reconhecemos nesse episódio as possibilidades de uma aprendizagem natural como concebida por Papert (1985), quando acontece sem ensino deliberado para, a partir dela, desenvolvermos e aprofundarmos as intuições das crianças rumo à construção de concepções através da mediação questionadora da professora.

Um último ponto de reflexão se refere à etapa 6 do Movimento Matemático-PC: quando acontece a construção do formalismo relacionado ao significado da sentença formada pelo comando e seu argumento número? Acreditamos que esse momento acontece quando a criança tem para si um significado concreto do ponto de vista da aprendizagem, sendo capaz de se instrumentalizar deste conceito sempre que necessitar dele em experiências futuras. De outra forma, quando forem capazes de apreender o significado dessa sentença de modo direto, generalizando-o para ser aplicado em novos contextos para novas experiências. Foi o que evidenciamos em experiências posteriores em que as crianças fizeram uso desse comando para construir seus jogos, manipulando-o com familiaridade para alcançar seus objetivos, o que será apresentado através dos programas construídos na seção 5.4.2.

5.4 - ExCEC E4 - Experiências Computacionais Educativas Construcionistas para o desenvolvimento do pensamento algébrico

Nas experiências narradas e analisadas nesta seção apresentamos episódios em que emergiram nos projetos das crianças conceitos matemáticos relacionados à ideia de variáveis, o que nos levou a refletir sobre a importância desse conceito para a aprendizagem matemática, sobretudo de álgebra. Como a escola tradicional ensina os conhecimentos relacionados à variáveis e sua manipulação algébrica? Como poderia se desenvolver um processo de aprendizagem de álgebra pela experiência computacional educativa construcionista?

Nossa pesquisa, fundamentada na filosofia da experiência de Dewey, considera a construção de significados matemáticos como fator central do pensamento reflexivo computacional. Dessa forma, nossa análise busca compreensões sobre como poderia se desenvolver o pensamento algébrico de crianças quando engajadas em suas experiências computacionais educativas orientadas pelo pensamento reflexivo computacional. O que significa buscar nos dados indícios sobre como os significados de ideias relacionadas a conceitos de álgebra podem ser construídos por um processo de aprendizagem de matemática pela experiência educativa, corroborando assim nossas conclusões teóricas construídas na seção 4.7.

Construir e manipular *variáveis em um programa* é uma maneira de atribuir um significado a um símbolo construído pela própria criança para representar abstrações de dados ou informações provenientes de suas observações sobre a realidade investigada. É uma oportunidade para desenvolver seu raciocínio algébrico dentro de um contexto significativo e de valor, pois lhe interessa aprender e aplicar esse conceito para alcançar seu propósito. Neste contexto, importa para os propósitos de nossa pesquisa compreender como a criação e manipulação de variáveis em programas de computador pode contribuir para a aprendizagem pela construção de significados matemáticos desenvolvendo o pensamento algébrico das crianças quando engajadas em suas experiências computacionais orientadas pelo pensamento reflexivo computacional.

5.4.1 ExCEC E4 - A ideia poderosa de variáveis

Uma variável em um programa de computador consiste numa abstração lógica para um endereço físico da memória do computador onde algum dado será armazenado temporariamente, e enquanto o programa estiver em execução. É criada e identificada por um símbolo escolhido de modo artificial para carregar consigo algum significado, assim como “todo utensílio artificial, projetado, inventado para o fim de transmitir um significado” (DEWEY, 1979, p. 229).

Para criar uma variável em um programa e manipulá-la através de relações lógico-matemáticas, a criança precisa mobilizar seu pensamento reflexivo computacional para aplicar sua capacidade de abstração, a qual pode ser concebida sob duas perspectivas conforme itens 2 e 5 a seguir. Isso significa:

1. Identificar na totalidade da realidade observada quais informações ou dados importam para resolver o problema, o que significa aplicar a análise para pôr em relevo essas informações.

2. Desconsiderar dados ou informações que, embora presentes na situação, não são relevantes para o problema e sua solução. Ou seja, precisa mobilizar sua capacidade de abstração relacionada a nossa definição de PC, e entendida como a capacidade intelectual de pôr em relevo apenas as informações da situação problemática que importam para sua compreensão e solução, desconsiderando aquelas irrelevantes.
3. Construir um significado para cada dado ou informação percebida como relevante, o que pode ser feito pela apreensão direta por já ser algo familiar e conhecido, ou pela apreensão indireta, exigindo da criança um processo de reflexão sobre o que se apresenta como novo a fim de compreendê-lo pela mobilização de seu PRC.
4. Construir uma abstração para representar cada dado identificado como relevante, criando para ele um símbolo que representa e carrega consigo o significado correspondente. Esse símbolo passa a selecionar, rotular e transmitir um significado construído pela própria criança que o criou como resultado de seu processo de abstração.
5. Construir relações entre as variáveis criadas, o que significa manipulá-las através de uma construção lógica-matemática representada pelo programa com o objetivo de solucionar um problema específico. Significa que a criança precisa aplicar sua abstração lógica, conforme definido por Dewey (1979), para identificar e construir as relações lógicas, não perceptíveis aos sentidos, entre as diferentes variáveis criadas fazendo uso da linguagem de programação para expressar e manipular suas ideias com vistas à resolução do problema.

Os processos descritos nos itens 1 e 2 estão relacionados, uma vez que a criança precisa mobilizar sua análise para destacar apenas os dados e informações relevantes para compreender e resolver a situação problemática investigada, ao mesmo tempo em que desconsidera tudo o que não interessa para os propósitos perseguidos. Temos aqui a oportunidade para desenvolverem seus processos de análise e de abstração relacionados tanto ao PR quanto ao PC, e portanto ao PRC.

Os dados postos em relevo pelos processos de análise e abstração precisam ser manipulados como materiais intelectuais pelo PRC com vistas à compreensão e resolução do problema. Para tanto, seus significados precisam ser apreendidos pelo PRC, de modo direto por já serem familiares, ou indireto carecendo de um processo de compreensão pela construção de seus significados. Assim, o item 3 diz que cada dado ou informação posto em relevo precisa ser submetido a um processo de apreensão e compreensão que resulta num significado a ele relacionado.

Vale ressaltar, portanto, que não é possível criar uma abstração para representar um dado da realidade (variável) sem antes construir um significado para o que se observa. Isso significa que o processo de aprendizagem pela construção de significados deve anteceder o processo de construção de variáveis, pois, como é possível construir abstrações representativas de significados de uma realidade que ainda não compreendemos? Logo, no item 4, temos a criação de um símbolo para identificar a variável criada e carregar consigo o significado construído pela criança na etapa anterior pela mobilização de seu PRC.

Do item 5, temos que cada vez que uma determinada variável é utilizada em um programa, algo além do símbolo que a representa pode ser compreendido ali, pois carrega consigo um significado construído pela própria criança, o qual se relaciona com outros significados também presentes no programa pela aplicação da abstração lógica sobre uma complexa realidade observada. Disso, percebemos que em um programa evidenciamos uma implicação da relação linguagem-significado, relacionada ao fato dos sinais verbais serem instrumentos para organizar os significados segundo suas mútuas relações (DEWEY, 1979). Como resultado, temos que as variáveis construídas pela criança são organizadas e manipuladas pelo programa a depender da maneira como ela pensa e decide modelar e resolver seu problema.

Nossa missão agora é buscar nas histórias de aprendizagens evidências que nos levem a compreensões sobre como desenvolver ideias relacionadas ao conhecimento algébrico a partir de uma aprendizagem pela experiência. Encontramos no encontro do dia 12 de agosto de 2022 acontecimentos interessantes, em que, durante uma discussão com a turma sobre o que haviam aprendido pela exploração dos MMD, chegamos ao tema *variáveis*.

A discussão com a turma foi motivada pelo desejo de construirmos o jogo Pega Borboleta colaborativamente. Para tanto, as crianças precisavam identificar quais recursos faltavam no MMD - recursos de vídeo (Figura 27) para transformá-lo num jogo. Essa missão nos levou a uma avalanche de criatividade, em que a turma participou ativamente expressando suas ideias sobre como o jogo Pega Borboleta deveria ser construído.

Num momento anterior, as crianças disseram que um jogo precisava ter placar e vidas. Mas para criar esses recursos precisávamos estudar o recurso variáveis. Então, projetei o MMD-variáveis (Figura 28), em que usei variáveis para guardar o nome e a idade de uma pessoa, para iniciar nossa discussão.

Luciana: Neste jogo, eu usei uma variável para guardar o nome, a idade de uma pessoa porque eu precisava guardar essas informações, por serem importantes para o jogo. Quando você precisa guardar o seu *notebook*, o que você faz?

Turma: pego a caixa e coloco ele lá.

Luciana: Isso, guardo ele dentro da sua caixa. Aí vai estar guardado?

Turma: Sim.

Luciana: No Scratch é a mesma coisa, e isso é muito importante para quem quer programar um jogo, pois um jogo sem pontos é chato, não é? Sem vidas, sem tempo, certo?

Turma: Sim

Luciana: Então, pra fazermos isso precisamos aprender sobre variáveis. Repitam comigo, por favor, VA-RI-Á-VEIS.

Turma: Variáveis.

Luciana: Quem sabe o que é uma variável?

Paulo: O que você ensinou, você usa pra fazer o placar ou o que você usou aí pra fazer esse jogo.

Luciana: Isso, variável eu uso para guardar alguma coisa que me interessa no jogo.

Paulo: E professora, também tem um comando adiciona um ponto, e que soma o placar

Luciana: Isso Paulo, você foi além, e encontrou os comandos para adicionar os pontos no placar.

Paulo: Aí (aponta para o MMD projetado na lousa), você não usou a variável como pontos, você usou como letras. (Se referiu ao MMD-variáveis que estava projetado na lousa).

Luciana: Isso, usei para guardar palavras, e não números como os pontos.

Para tornar mais claro a função de uma variável, fiz uma analogia com uma de nossas atividades rotineiras: guardar o *notebook* em sua caixa após o fim de cada encontro. Minha intenção foi levá-los a compreender que quando temos algo importante, isso precisa ser guardado em algum lugar feito especificamente para isso, como a caixa de cada *notebook*. Aplicamos neste momento o princípio matético do *Faça Conexões* para levá-los a compreender algo novo - a função de uma variável num programa - a partir de algo já conhecido. Também, enfatizamos o nome do conceito alvo da discussão, *variáveis*, pois corroboramos a ideia de Papert (2008) quando afirma que “nomes eram algo para discutir e para possuir” (PAPERT, 2008, p. 78), no sentido de dar consciência às crianças sobre o tema em discussão para levá-las a se apropriarem dessa ideia. Dewey (1979) corrobora essa perspectiva afirmando que selecionar um sentido para si implica atribuir um *nome* para identificar o símbolo e representar seu significado, e quando uma criança reconhece algo por seu nome significa que o significado desse objeto se tornou para ela concreto, e que sua relação com ele está migrando do plano físico para o plano intelectual (DEWEY, 1979).

O diálogo continua com o objetivo de construir os recursos do jogo Pega a Borboleta, aplicando a ideia e conceito de variáveis. No entanto, levando-se em consideração o discutido sobre a relação entre linguagem e significado na seção 4.1, decidi, num primeiro momento construir o significado para a ideia de variáveis fazendo uso de uma linguagem mais familiar, na tentativa de construir níveis diferentes de abstrações até alcançar o nível de abstração necessário para compreender e manipular o conceito de variável através de uma linguagem de programação. Então, primeiro *planejamos* a posição que a variável *pontos* ocuparia na tela e como se daria sua manipulação pelo programa usando uma linguagem mais próxima da maneira que as pessoas pensam e se comunicam, através de palavras ou desenhos. Essa etapa teve como resultado a construção de um *modelo em alto nível* para o placar do jogo, que contemplou a função da variável *pontos*, sua posição na tela como um placar, e as regras do jogo para ganhar e perder pontos.

Construir um *modelo em alto nível de abstração* significa fazer uso de uma linguagem e de recursos mais familiares e já compreendidos por já serem utilizados no cotidiano das crianças, tais como a língua falada, escrita, ou desenhos, para viabilizar o processo de construção de significados para o novo relacionando-o a uma linguagem familiar e já compreendida. Acreditamos que isso atribui um caráter processual à aprendizagem pela construção de significados e suas mútuas relações com os símbolos que os representam, por permitir a construção de conexões entre o familiar e o novo, pois “cumprir que alguma coisa já esteja compreendida, que o espírito já tenha dominado alguma significação, pois de outra maneira seria impossível pensar” (DEWEY, 1979, p. 142). Pois, como podemos pensar em algo desconhecido em função de uma linguagem que também é desconhecida? Neste sentido, o novo e incompreendido - o conceito de variável - pode ser compreendido em função de suas relações com o familiar - a linguagem natural. Uma vez compreendido o conceito de variáveis, a nova forma de representá-la e manipulá-la através de uma linguagem de programação pode ser compreendida em função do que já se sabe sobre o conceito.

Essa estratégia corrobora o que Dewey (1979) afirma sobre a estreita relação entre linguagem e pensamento, pois a linguagem natural é uma forma usual de expressarem seus pensamentos através da combinação de símbolos já conhecidos e utilizados para representar e manipular suas ideias com o objetivo de compreender o novo que se apresenta. Isso foi evidenciado no decorrer das discussões apresentadas até aqui, em que, mesmo diante de situações novas, com elementos desconhecidos, as crianças expressaram suas ideias, construções de pensamento e raciocínio, e suas soluções de problemas fazendo uso de

expressões orais informais, expressões corporais, ou mesmo desenhos. Esses símbolos ou formas de expressão, por já serem familiares, podem ser mais facilmente utilizados por seu raciocínio durante a construção e desenvolvimento de seus pensamentos rumo à compreensão e resolução de uma nova demanda com elementos ainda desconhecidos, como é o caso do conceito de variável. Assim, essa estratégia objetivou oportunizar a aprendizagem do conceito de variáveis manipulando ideias pelo pensamento através de símbolos familiares, para depois levá-los a representar essas mesmas ideias fazendo o uso da linguagem de programação do Scratch.

Luciana: quem gostaria de adicionar um placar para esse jogo desenhando aqui na lousa?

Paulo: Eu!

Luciana: Paulo, desenhe um placar para este jogo, por favor.

Paulo: Seria melhor ali, naquele canto, mas eu não alcanço (risos).

A turma se envolve neste problema para ajudar Paulo a alcançar o local para desenhar o placar. Por fim, abaixo o projetor para abaixar a projeção sobre a lousa e permitir que ele alcance.

Luciana: Agora pode desenhar (risos). O que vocês acham pessoal, o placar ali fica legal?

Turma: Sim.

Luciana: Então ali tem um placar, o que mais vocês querem que tenha neste jogo?

Essa pergunta dá início a uma chuva de ideias. Toda a turma demonstra engajamento e animação, sugerindo diversos recursos: tempo, som, vidas. Kauã se empolga e pede para desenhar o projeto das vidas no jogo. Ele pergunta: “quantas vidas, ssora?”. Eu respondo que ele decide, pois o jogo é dele. Paulo pergunta: “mas como ele vai perder vidas?”, o que estimula a criatividade e inventividade das crianças: “uma borboleta do mal”, “quando o morcego comer outra coisa diferente da borboleta”, “quando acabar o tempo”. “Mas pera aí, não tem tempo!” diz Paulo. Ivan vai à lousa para incluir o tempo no jogo. Várias crianças se levantam de suas cadeiras para se expressarem de pé, ou mesmo para se aproximarem da lousa para participar mais ativamente da construção do modelo do jogo. Vitor vai à lousa para desenhar um inimigo para o morcego. Mas quem é o inimigo do morcego? “Um humano”, responde Vitor. Kauã complementa: “verdade, com uma arma”. Ou “um caçador de morcegos”, “crianças com um estilingue”, diz Ivan.” Mas tem que ter algo para proteger ele”, afirma Paulo. “Uma árvore”, “um muro”, “um escudo”, “uma armadura”, “um poder”, uma chuva de ideias expressas com muita animação.

O modelo construído para nosso jogo serviu para construir o significado da ideia de variáveis de uma maneira lúdica, como um recurso que guarda algo importante para o jogo, o que foi representado através de desenhos na lousa. Partimos dessa ideia para compreender como representar uma variável num programa, utilizando a linguagem de programação para criar um símbolo para representar e manipular esse significado.

Luciana: então como faço para criar uma variável?

Vitor: Eu, eu, eu (rs). Vai até Variáveis, clica em criar uma variável e dá um nome para ela.

Luciana: Vou ser bem criativa, para a variável que vai guardar pontos, vou dar o nome de PONTOS.

Vitor: Aí, tem que selecionar se é para todos os atores ou só pra um.

Luciana: Mas o que isso significa?

Vitor: Que vai para todos os atores, para a borboleta e para o morcego, ou só para o ator morcego.

Aproveitei a oportunidade para falarmos sobre escopo de variáveis, que define para quais atores a variável estará visível no sentido de estar disponível para ser manipulada. Para tanto, usei a mesma analogia entre a função e o escopo de uma variável, e a situação em que precisamos guardar um *notebook* em sua caixa.

Luciana: Então, vamos deixar todos os atores mexerem, e vamos clicar para criar. Pronto, olha nossa variável ali. Ela apareceu. É difícil criar a pontuação, crianças?

Turma: não.

Beatriz: Ah, é assim! (Uma expressão de alegria e alívio rs)

Luciana: agora que eu criei, eu tenho que pegar o que tem aqui dentro e mexer. Olhem! o que tem dentro dela? (Deixei o conteúdo da variável visível no cenário do jogo).

Turma: Zero!

Luciana: Zero! E agora, o que temos que fazer?

Paulo: Tem que ter o comando, lá da variável, para adicionar o ponto.

Luciana: Ahhh! tenho que usar o comando para adicionar o ponto. Como você sabe disso?

Paulo: Eu aprendi semana passada. (Ele conseguiu compreender essa ideia manipulando os MMD).

Luciana: Isso significa que vamos mexer no número que está dentro. Quando eu quero que o morcego ganhe pontos?

Turma: Quando ele pega a borboleta.

Luciana: Quantos pontos ele ganha, cada vez que ele pega a borboleta, Ana?

Ana: dois pontos.

Luciana: então vamos lá, dois pontos cada vez que ele pega a borboleta. Então quando ele pegar a borboleta, Bia, o que eu faço?

Beatriz: Adiciona o ponto.

Luciana: Adiciona o ponto. Quantos?

Beatriz: Dois.

Luciana: Será que tem esse comando para adicionar pontos?

Paulo: Tem sim, óh, debaixo da variável. (Ele aponta para o comando *adicione a pontos*)

Luciana: Isso Paulo, olhem aqui, tem dois comandos: mude ou adicione? (perguntei qual dos dois comandos faria a adição dos pontos).

Ana: Mude.

Luciana: O que vocês acham, crianças?

Turma: Adicione (alguns da turma).

A dúvida das crianças é fruto da maneira como compreendem o significado das palavras *adicione* e *mude*. Elas sabiam que precisavam somar os pontos, o que também significava mudar o valor armazenado na variável para um valor maior. Assim, a escolha do comando depende do significado atribuído a ele, e esse significado é definido pela própria linguagem e corresponde à função que o comando executa. Dessa forma, o que significa mudar o conteúdo de uma variável? O que significa adicionar o conteúdo de uma variável?

Neste momento, as crianças precisavam atribuir um significado preciso, específico e diferente para cada comando, a depender de sua funcionalidade, o que o fizemos estudando o que significa *mudar* em nosso modelo de alto nível, e depois *adicionar*. Coloquei um número na caixinha que representava os pontos na lousa e disse que se quisesse *mudar* o número, deveria *apagar* o que estava lá para *colocar* outro número no lugar. Fizemos o mesmo usando o comando *mude* no Scratch.

Luciana: vamos ver o que vai acontecer? Vamos testar? E aí, o que aconteceu?

Turma: Mudou para dois.

Luciana: Era zero e mudou para dois?

Turma: Sim.

Luciana: E se eu quiser que ele ganhe mais dois pontos?

Vitor: Mude para 4.

Luciana: Vou colocar aqui então o número 4 (inseri o 4 como argumento do comando *Mude*). Mudou para 4?

Turma: Sim

Vitor: Oh professora, mas para um jogo você não usa o *mude*, pois o *mude* você usa quando começa o jogo para zerar o placar. No meio do jogo você usa o *adicione* para adicionar o placar.

Luciana: Por que?

Vitor: Por que ele adiciona seus pontos e tira seus pontos.

Vitor demonstrou conhecer os significados para os comandos *Mude* e *Adicione*, pois já havia construído e aplicado esses significados para resolver problemas que surgiram enquanto desenvolvia seus programas no encontro anterior. Suas experiências anteriores com o uso desses comandos o levou a construir e a definir um significado para cada um deles, os quais foram transferidos para essa experiência, selecionados e aplicados através de seus símbolos (comandos). Aproveitei as explicações de Vitor para levar a turma a também construir suas compreensões através da exploração colaborativa dos comandos, reflexão e discussão dos resultados observados.

Luciana: Olhem só o que o Vitor falou. Eu tenho aqui o meu placar. Ele começa com zero. Quando o morcego pega a borboleta, eu quero que vá para dois. Se eu pego e mudo, eu apago o que está dentro e coloco outra coisa no lugar.

Yago: Coloca o dois.

Luciana: Aí, o morcego pega a borboleta de novo e tem que ir para?

Turma: Quatro.

Luciana: Se eu usar o *mude*, eu tenho que falar qual é o número que eu quero que mude. O comando apaga o que está lá e coloca o número que eu quero no lugar do anterior. Mas, se ele tiver com 20 pontos, e ganhar mais, para quanto vai o placar?

Turma: 22.

Luciana: E se tiver com 50?

Turma: 52, pois é de 2 em 2.

Luciana: Isso, ele está ganhando dois pontos. E se ele recebe uma estilingada, e está com 94 pontos, para quanto ele vai?

Turma: 92

Luciana: E se ele está com 48 e pega a borboleta?

Turma: 50

Luciana: Então ele ganha dois quando pega a borboleta, e perde dois quando recebe o ataque do estilingue.

Criei várias situações para simular *o ganhar e o perder* pontos com o objetivo de construírem as regras do jogo. Registre essas situações matemáticas na lousa, usando a linguagem matemática já conhecida das crianças para criar expressões aritméticas do tipo $20 + 2 = ?$, $52 + 2 = ?$, $94 - 2 = ?$. Conforme respondiam, ia registrando o resultado: $20 + 2 = 22$, $52 + 2 = 54$, $94 - 2 = 92$, e assim sucessivamente. O objetivo dessa discussão e reflexão matemática foi levá-los a perceber a diferença entre *mudar um número por outro e adicionar um número a outro*. As expressões acima representam situações em que se *adiciona um número a outro*, enquanto *mudar um número por outro* pode ser representado por uma expressão de atribuição do tipo *pontos = 2*, *pontos = 4*, *pontos = 22*, e assim por diante.

Luciana: O que estamos fazendo aqui? (aponto para uma expressão matemática de subtração)

Turma: Você está alterando o número.

Luciana: Estou alterando o número fazendo o que? Uma conta de?

Turma: Uma subtração, uma conta de menos.

Luciana: Isso, então eu tenho que pegar o que? (aponte para a quantidade de pontos do placar)

Turma: Um número.

Luciana: Mas que número é este?

Vitor: Os pontos.

Luciana: Os pontos que ele tem agora, ou que ele vai ter depois da conta?

Turma: O que ele tem agora.

Luciana: Isso. E vou usar essa conta toda vez que?

Turma: Toda vez que ele perder pontos.

Luciana: Isso mesmo! Sempre que perder pontos. E vai perder quantos?

Turma: Dois.

Paulo: Mas se ele conseguir pegar a borboleta vai alterar para mais.

Luciana: Isso, então se ele tiver 100 pontos e ganhar, vai para?

Turma: 102.

Luciana: É difícil?

Turma: Não.

Luciana: Isso aqui é o que então? (aponto para os números que indicam o placar atual)

Turma: O que ele já tem.

Luciana: E aqui? (aponto para os números que indicam o placar atualizado após ganhar ou perder pontos)

Turma: O que ele ganha.

Luciana: Então é o resultado que fica depois do que?

Turma: É o quanto de pontos ele ficou depois que ele ganhou ou perdeu.

Na sequência, Vitor contou sua experiência à turma, sobre quando ficou confuso sobre usar o *Mude* e o *Adicione*, explicando os resultados que obteve quando usou um ou outro comando, e confrontando esses resultados com o que desejava implementar em seu jogo, concluindo que “estava usando o *mude*, mas precisava usar o *adicione* para somar os pontos quando o morcego ganhava ou perdia os pontos”. Vitor compreendeu o significado dos comandos (símbolos) *Mude* e *Adicione* ao usá-los em seus programas. Durante a construção de seu programa (sua experiência computacional), problemas surgiram, para os quais precisou mobilizar seu pensamento reflexivo computacional para compreendê-los e resolvê-los, o que o levou a construir significados para os comandos (símbolos) a partir do que experienciava. Esses significados construídos se tornaram concretos para Vitor, o que foi evidenciado por sua capacidade de transferi-los para resolver novos problemas em novas experiências.

Ao final da discussão, Beatriz ainda tinha dúvidas sobre qual comando usar para adicionar ou subtrair os pontos. Neste momento, Paulo decide colaborar com sua colega, criando e expressando uma analogia para diferenciar os significados para os comandos *Mude* e *Adicione*: “O ssora, é que nem mudar de casa. Se você mudar de casa, você sai de uma casa e vai para outra casa. Aí, você não tem mais a casa antiga, só a nova. É assim que funciona o *Mude*”. E Kauã complementa: “E esse aí vai apagar”, se referindo ao número que será substituído por outro dentro da variável *pontos* pelo comando *Mude*.

Para avançarmos rumo à construção de modelos algébricos, as crianças precisavam ir além da compreensão sobre a função de cada comando. Precisavam compreender e relacionar essa função a suas respectivas expressões matemáticas, o que neste contexto significa selecionar o *significado de atribuição ao comando Mude* e de *Acumulação pela adição ao comando Adicione*. Percebemos neste momento a existência de relações entre o pensamento computacional e o pensamento algébrico que merecem ser discutidas e analisadas sob a ótica de nossas lentes teóricas.

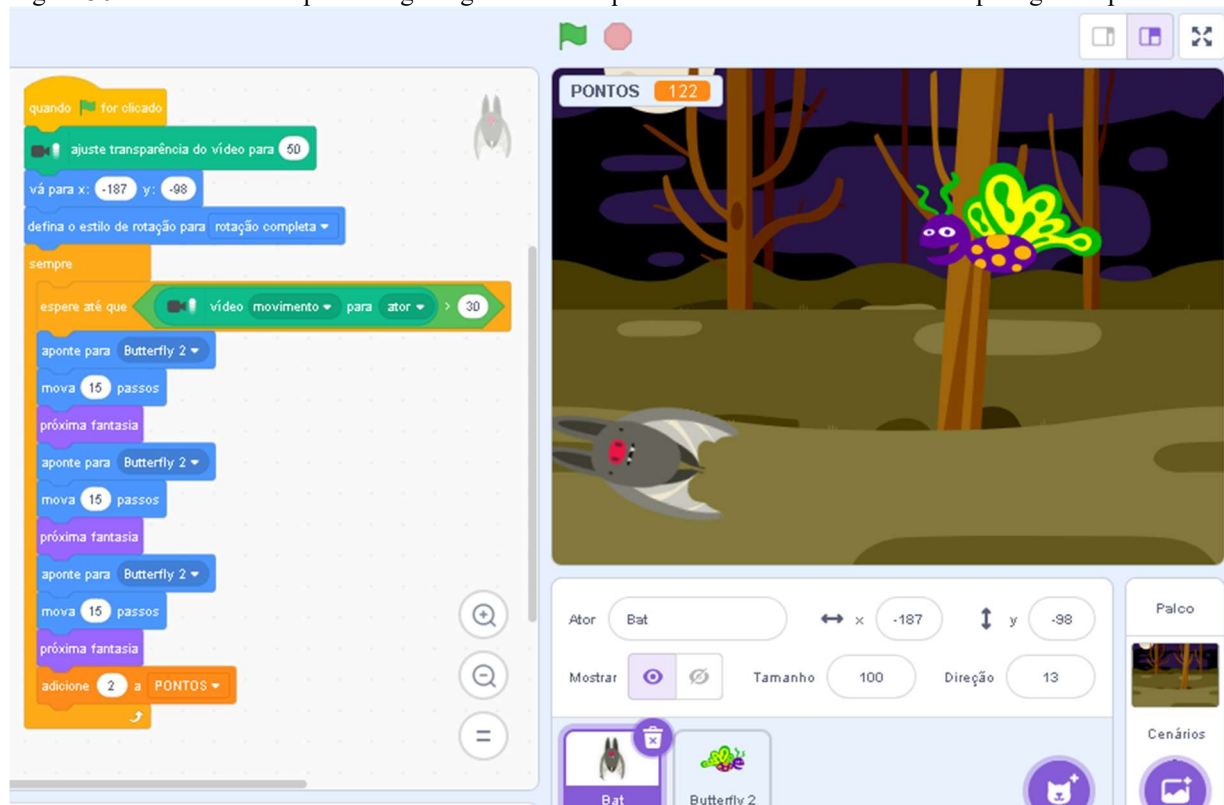
5.4.2 - Mobilizando o pensamento computacional para desenvolver o pensamento algébrico

Construir uma expressão matemática para modelar as regras do jogo para ganhar e perder pontos exige da criança o exercício do seu pensamento algébrico para criar símbolos para os significados matemáticos identificados na situação, bem como construir relações matemáticas entre esses significados representados por seus símbolos. Neste contexto, vamos analisar agora como as crianças desenvolveram suas experiências computacionais para construir suas versões para o jogo Pega Borboleta, e como expressaram suas ideias matemáticas para construir expressões matemáticas para modelar o ganhar e o perder pontos no jogo.

O jogo de Ivan

A Figura 36 apresenta a solução de Ivan para implementar o placar de seu jogo. Ele escolheu o comando *Adicione 2 a PONTOS* para somar dois pontos ao placar sempre que o morcego pegar a borboleta, indicando que compreendeu o significado desse comando relacionado a sua função definida pela linguagem. Percebemos também que Ivan compreendeu o significado matemático desse comando, que corresponde à expressão matemática de acumulação pela adição: $PONTOS = PONTOS + 2$.

Figura 36 - Versão de Ivan para o Jogo Pega Borboleta que inclui seu modelo matemático para ganhar pontos.



Fonte: elaborada pela autora.

O jogo de Yago

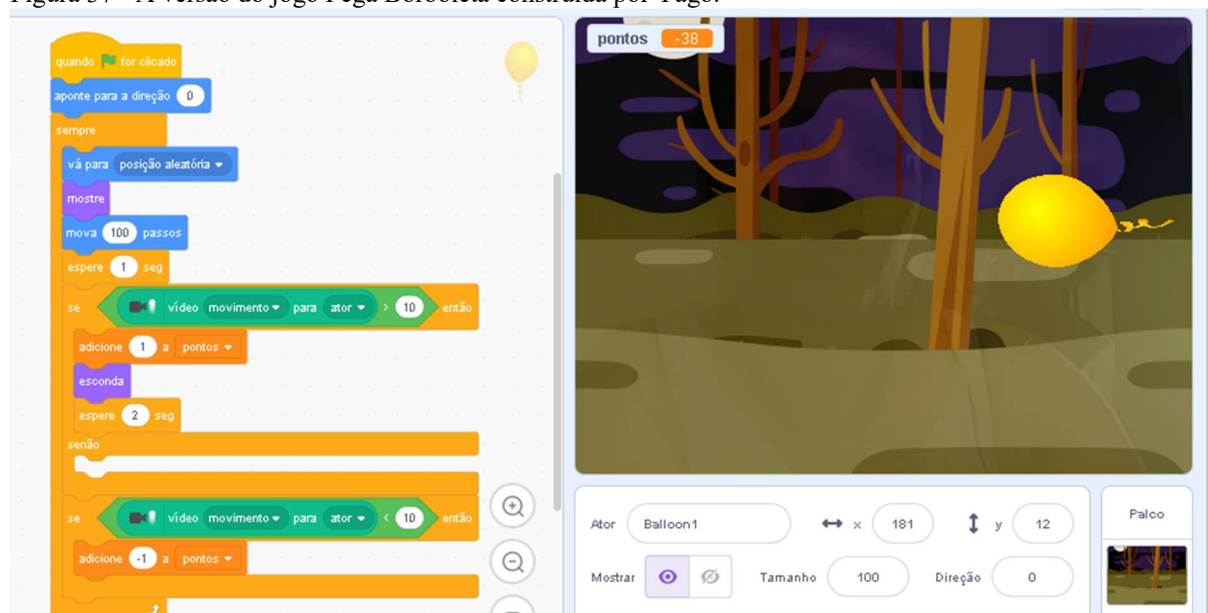
Durante a discussão com a turma, Yago permaneceu focado em suas construções. Ele não participou da construção colaborativa dando ideias. Por algumas vezes eu o chamei pelo nome para fazer algumas perguntas. E ele sempre respondia que não sabia pois estava ocupado construindo seu jogo. Parecia estar alheio ao que acontecia, no entanto, ao analisar seu jogo percebemos que sua atenção também estava sobre o que falávamos. Ele não participou do encontro anterior em que tiveram a oportunidade de explorar os MMD, e este era seu primeiro contato com a ideia de variáveis e com os recursos de vídeo do Scratch. Disso, percebemos que mesmo focado em suas construções, e não participando da discussão falando, participou em pensamento, parando para observar, refletir e construir conclusões com base no que ouvia, observava e pensava.

Como resultado, Yago construiu sua própria versão para o jogo Pega Borboleta. Alterou os personagens e as regras do jogo para ganhar e perder pontos. Ao analisar seu código podemos compreender as regras que construiu para ganhar e perder pontos:

- Se o jogador realizar um movimento em frente à câmera com intensidade superior a 10, então ele vai ganhar 1 ponto.
- Do contrário, ele vai perder 1 ponto

Yago demonstrou compreender o significado do comando *Adicione* definido pela linguagem. Também, atribuiu ao comando o significado matemático de acumulação pela adição, dado pela expressão $pontos = pontos + 1$ e $pontos = pontos - 1$, conforme apresentado pela Figura 37.

Figura 37 - A versão do jogo Pega Borboleta construída por Yago.



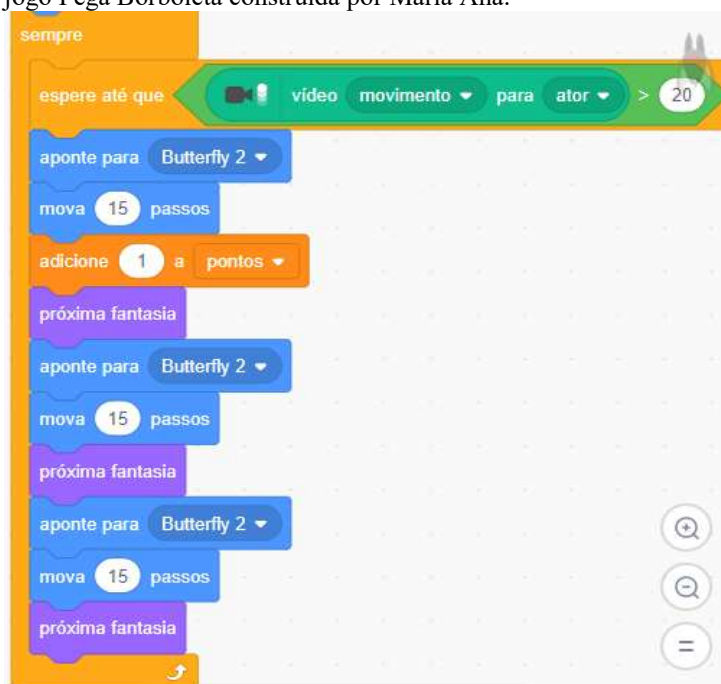
Fonte: elaborada pela autora.

Os significados matemáticos construídos para o comando foram também relacionados às correspondentes regras para ganhar e perder pontos. Para tanto, foi capaz de construir estruturas condicionais para modelar e relacionar as regras que criou para ganhar e perder pontos às suas correspondentes expressões matemáticas. De fato, em momento posterior ao narrado, paramos para discutir como modelar as regras para ganhar e perder pontos em função de comandos condicionais como o *Se/então/senão*. O programa de Yago evidencia que também se atentou para esse tema, ao perceber que seria importante aprendê-lo por ser útil para desenvolver seu projeto.

O jogo de Maria Ana

Maria Ana é uma criança muito introspectiva. Sua timidez a impedia de participar das discussões com a turma. Até mesmo para falar comigo, quando me chamava no particular para tirar alguma dúvida, as palavras saíam num tom muito baixo, com uma expressão facial de vergonha. Sem fazer qualquer contato visual, preferia falar olhando para baixo, ou para o computador. No entanto, percebi que quando as discussões se referiam a situações cotidianas, quando usávamos situações familiares para construir analogias para aprender algo novo, ela se sentia à vontade para participar. Nestes momentos, ela levantava a mão indicando que queria falar algo, esboçava um sorriso, e se expressava pausadamente, demonstrando certa empolgação. O mesmo acontecia quando brincávamos para construir e modelar regras para nossos jogos digitais. Ela participava e se divertia com a turma. Sua dificuldade para se comunicar em público, no entanto, não a impedia de participar das discussões em pensamento, o que evidenciamos analisando o programa que construiu para sua versão do jogo Pega Borboleta, apresentado na Figura 38.

Figura 38 - Versão do jogo Pega Borboleta construída por Maria Ana.



Fonte: elaborada pela autora.

Maria Ana conseguiu compreender o significado do comando *Adicione*, atribuindo a esse comando o significado de acumulação pela adição. Assim, o escolheu para alcançar seu objetivo de somar os pontos de acordo com a seguinte expressão matemática: $pontos = pontos + 1$.

Os significados matemáticos atribuídos pelas crianças ao comando *Adicione* segue o seguinte padrão:

$$pontos = pontos (+/-) \text{ número} \quad (1)$$

O que significa atribuir o significado da *acumulação pela adição*, ou seja, o valor total de pontos será acumulado na variável *pontos* sempre que o jogador ganhar ou perder a quantidade de pontos definida pelo argumento *número* do comando *Adicione*.

Para construir e generalizar o significado definido pela expressão (1), é necessário desenvolver um raciocínio matemático sobre situações específicas, como as discutidas com a turma: $20 + 2 = 22$, $22 + 2 = 24$, $24 + 2 = 26$ etc, para construir um modelo matemático para representar e generalizar todas essas situações através de uma expressão matemática, como em (1). Para tanto, as crianças precisam *reconhecer um padrão* matemático nas situações específicas para a atualização do placar:

- A nova quantidade de pontos é calculada pela quantidade de pontos atual, mais dois pontos, sempre que o morcego pegar a borboleta.

- A nova quantidade de pontos é calculada pela quantidade de pontos atual, menos dois pontos, sempre que o morcego for atingido pelo estilingue.

Partir de situações específicas para construir um modelo para uma situação geral é uma característica do *pensamento indutivo*. Dessa forma, essa discussão inseriu as crianças num processo reflexivo indutivo, em que precisaram aplicar sua capacidade de *reconhecer padrões* em situações específicas para construir um modelo para uma situação geral que representa *matematicamente* todos os casos específicos, o que lhes deu a oportunidade de exercer sua capacidade de construir *generalizações* e representá-las através de um modelo matemático. Temos, então, que a ExCEC E4 deu às crianças a oportunidade de desenvolverem três estratégias de pensamento relacionadas a nossa definição de PC: abstração, reconhecimento de padrões e generalização.

No entanto, ao observarmos a expressão (1), podemos nos questionar: se trata de uma expressão algébrica válida? Para responder a essa reflexão, façamos algumas manipulações algébricas sobre um dos possíveis casos.

$$\begin{aligned} pontos &= pontos + 2 \\ pontos - pontos &= 2 \\ 0 &= 2 \end{aligned} \tag{2}$$

As manipulações algébricas nos levaram a um resultado absurdo, que afirma que 0 equivale a 2. De fato, percebemos que a expressão $pontos = pontos + 2$ não corresponde a uma expressão algébrica válida, mas sim a uma *expressão computacional* válida. A explicação reside no fato de uma variável em um programa ser uma abstração para um endereço de memória, de modo que a expressão (1) significa que o novo valor a ser armazenado no endereço de memória identificado pela variável *pontos* será calculado adicionando o número 2 ao valor atualmente armazenado ali. Além disso, na expressão (1) o sinal de '=' representa o significado de atribuição, e não de equivalência ou igualdade. Logo, em termos computacionais, essa expressão é válida pois está escrita de acordo com as regras sintáticas e semânticas de uma linguagem de programação, mas não é válida de acordo com as regras da matemática formal pois gera um resultado absurdo.

Neste sentido, percebemos que *generalizar expressões matemáticas computacionais* para construir *modelos computacionais* implica mobilizar o *pensamento computacional* para *abstrair, representar e relacionar* significados matemáticos, buscando *reconhecer padrões* em situações problemáticas específicas para construir *generalizações computacionais* que fazem uso de operações matemáticas. Assim, mobilizar o pensamento computacional para construir

modelos matemáticos computacionais consiste em um dos passos rumo ao objetivo de construir *modelos matemáticos* para representar *relações algébricas válidas* existentes entre os significados matemáticos abstraídos da situação. Dessa forma, a representação algébrica da expressão (1) poderia ser dada por

$$PlacarFinal = PlacarAtual + 2 \quad (3)$$

Para chegar à expressão (3), a criança precisa perceber a necessidade de criar outra variável para tornar a expressão matemática computacional uma expressão algébrica válida. Para tanto, precisa compreender as regras da álgebra para estabelecer relações matemáticas válidas entre os componentes da expressão. Isso significa que precisa desenvolver experiências envolvendo situações algébricas para mobilizar seu pensamento abstrato para formular, compreender e resolver problemas abstratos, utilizando apenas o conhecimento matemático como material intelectual para seu raciocínio. Neste ponto do processo de aprendizagem, acontece o que Dewey (1979) discute sobre alcançar *o pensamento abstrato partindo do pensamento concreto*, ou o que Papert (2008) afirma sobre a produção de conhecimento no mundo contemplar tanto o pensamento concreto quanto o pensamento abstrato. Tais relações evidenciadas entre os dois tipos de pensamento serão alvos de análise nas próximas seções.

5.4.3 - Evidências do “partir do concreto ao abstrato”

Evidenciamos nestas experiências como o pensamento computacional pode ser mobilizado em função das capacidades intelectuais de abstração, reconhecimento de padrões e generalização para oportunizar a construção de modelos matemáticos computacionais necessários para resolver demandas provenientes de seus projetos de programação. No entanto, percebemos que para construir modelos algébricos a partir dos modelos computacionais a criança precisa transformar expressões matemáticas computacionais em expressões algébricas válidas, o que exige delas avançar no conhecimento matemático formal relacionado à álgebra.

Entendemos que este momento de avançar no conhecimento algébrico consiste no momento posterior à solução construída pelo pensamento reflexivo computacional, em que o raciocínio formal ou pensamento formal é aplicado sobre a conclusão construída com o objetivo de atribuir uma representação formal à conclusão, o que para nós significa aplicar o raciocínio algébrico para construir modelos algébricos válidos a partir dos modelos matemáticos computacionais. A conclusão construída pelo pensamento reflexivo computacional é representada pelo programa como uma solução ou implementação de um projeto, o qual contempla expressões matemáticas computacionais que poderão sofrer o processo do raciocínio algébrico para se transformarem em modelos algébricos. Como podemos, então, avançar para

alcançar esta etapa em que o pensamento algébrico é aplicado para desenvolver um modelo matemático para representar matematicamente uma solução computacional?

Percebemos na ExCEC E4 evidências do que Dewey (1979) discute sobre *partir do concreto ao abstrato*. De fato, as crianças começaram o processo de aprendizagem e desenvolvimento do pensamento algébrico pela manipulação prática, mobilizando seu pensamento concreto para alcançar um fim com aplicação prática, qual seja, a construção de sua versão para o jogo Pega Borboleta. Durante esse processo, situações problemáticas surgiram e suscitaram o pensamento reflexivo computacional do tipo concreto, pois foi posto em prática para resolver alguma demanda ou compreender algo de natureza prática.

No segundo momento desse percurso de aprendizagem aconteceu a transferência do interesse, que teve início num objetivo prático e migrou para um interesse por assuntos intelectuais. Isso pode ser evidenciado quando as crianças se engajam em interessantes e desafiadoras *conversas matemáticas*. Elas não pararam para pensar na matemática de modo dissociado. Ao contrário, a discussão surgiu como uma etapa importante e valiosa para contribuir para a conquista de um objetivo. Assim, o interesse *direto* pela construção do jogo serviu como motivo para estimular o interesse *indireto* pelo conhecimento matemático relacionado ao jogo, de modo que exigiu a “atenção para os assuntos [matemáticos] apenas indireta ou intelectualmente conexos com o ato inicial” (DEWEY, 1979, p. 222). Assim, os conhecimentos necessários para construir o placar do jogo foram solicitados pelas próprias crianças de forma indireta, as quais o buscaram por ser ele útil para o cumprimento de seu propósito pessoal.

O interesse indireto pelo conhecimento algébrico num contexto deve ser o ponto de partida para estimular o interesse direto e pleno pela álgebra, o qual consiste no próximo momento do processo de aprendizagem. Isso significa alcançar o prazer de pensar e construir o conhecimento matemático puro. Esse seria o destino do percurso que começou com a discussão sobre quais recursos as crianças gostariam de incluir em seus jogos, o que nos levou às ideias e ao conceito de variáveis, à construção de abstrações através da criação de variáveis nos programas, e à construção de relações matemáticas entre as abstrações através da construção de expressões matemáticas computacionais para manipular as variáveis. O ponto de culminância seria aquele em que os modelos matemáticos computacionais seriam alvos do raciocínio algébrico das crianças com o objetivo de construir expressões algébricas válidas, levando-as a desenvolver seu pensamento algébrico para construir representações algébricas das situações matemáticas investigadas e representadas no programa.

5.4.4 - O pensamento concreto e o pensamento abstrato para a construção do conhecimento matemático formal num contexto de bricolagem

Evidenciamos no processo de aprendizagem e desenvolvimento do pensamento algébrico das crianças uma “inversão epistemológica para formas mais concretas de conhecer” (PAPERT, 2008, p. 133), o que implica considerar o pensamento concreto como um estilo de pensamento mais poderoso num contexto de aprendizagem (PAPERT, 2008).

Papert (2008) considera o pensamento concreto uma habilidade matemática fundamental para viabilizar a construção de *conhecimento concreto*, ou seja, o *conhecimento no mundo* (PAPERT, 2008), o qual é construído enquanto as crianças se envolvem em processos de aprendizagem com características de *bricolagem*, ou seja, que oportunizam o uso de ferramentas intelectuais durante as construções mentais de acordo com a necessidade e para os propósitos específicos de um determinado projeto. Tais ferramentas mentais estariam disponíveis numa “sacola mental” para serem utilizadas sempre que necessário, e assim sendo, se tornam mais familiares ou *sintônicas* quanto mais utilizadas forem. Papert (2008) entende essas ferramentas como ideias, conceitos, conhecimento científico, conhecimento intuitivo e processos mentais como análise, síntese, modularização, generalização, abstração, entre outros.

Neste contexto, percebemos que os processos de aprendizagens analisados na ExCEC E4 apresentam as características de bricolagem durante a mobilização do pensamento concreto para a construção de conhecimento no mundo pois, para desenvolverem seus jogos, as crianças precisaram se apropriar de alguns “instrumentos” disponíveis em suas “sacolas mentais”, os conhecimentos e processos intelectuais necessários para alcançarem seus objetivos. Ou então, tiveram a oportunidade de expandirem essas ferramentas intelectuais ao ampliarem seus conhecimentos e capacidades através de novas aprendizagens: o conhecimento computacional da linguagem, o conhecimento matemático, a abstração, reconhecimento de padrões, generalização, entre outras.

Além disso, para desenvolverem a bricolagem precisaram de um ambiente propício, que oferecesse “algo para ser consertado” (PAPERT, 2008, p. 139). De fato, o micromundo do Jogo Pega Borboleta se mostrou apropriado, pois viabilizou a atividade exploratória da criança, análoga ao do bricolador, oferecendo condições para a criança colocar em prática “o espírito do verdadeiro *bricolador*” (PAPERT, 2008, p. 139) num contexto de aprendizagem de ideias matemáticas formais. De fato, o pensamento reflexivo computacional mobilizado para a construção dos modelos matemáticos computacionais fez uso tanto de manipulações físicas, concretas no mundo (os recursos computacionais da linguagem de programação), quanto das

manipulações mentais (processos e cálculos matemáticos, por exemplo), os quais se desenvolveram num contínuo, sem se distinguirem ou se isolarem, numa tentativa de diferenciar o que é pensamento concreto ou pensamento abstrato. Assim, temos que ferramentas físicas e mentais fizeram parte de um conjunto de ferramentas, a caixa de ferramentas do bricolador, a qual existe, foi construída pelo próprio bricolador, e está disponível tanto para ser usada quanto expandida para receber mais ferramentas.

Do ponto de vista da aprendizagem de ideias formais ou científicas, cada aprendiz tem a missão de construir sua própria caixa de ferramentas enquanto passa por experiências de aprendizagens formais. Nessa perspectiva, a caixa de ferramentas matemáticas foi construída pela própria criança através de processos de aprendizagens no mundo, os quais disponibilizaram recursos materiais, culturais e de ideias para manipulações físicas e mentais durante um processo de aprendizagem do tipo bricolagem.

Nesse caso, pode-se afirmar que o micromundo Pega Borboleta possui duas características importantes e poderosas para a aprendizagem de acordo com Papert (2008): encadeamento e continuidade, de modo que se tornou um suporte para o trabalho no mundo que, por sua vez, apoiou o trabalho mental e a aprendizagem da matemática formal. Assim, entendemos que aprender ou desenvolver o pensamento algébrico das crianças no contexto das experiências computacionais construcionistas compreendeu um processo do tipo bricolagem num micromundo, que contemplou tanto o pensamento concreto, expresso através das manipulações físicas no mundo, quanto o pensamento abstrato, expresso através das manipulações mentais, corroborando a perspectiva de Papert (2008) sobre um processo de aprendizagem que coaduna ambos os tipos de pensamento. Uma concepção bem diferente da tradicional que situa o pensamento abstrato como uma evolução do concreto, uma concepção baseada numa perspectiva dual e hierárquica.

Além disso, percebemos que as experiências computacionais construcionistas oportunizaram “uma medida em expansão do engajamento e competência por intermédio de um tipo de apropriação com características de *bricolagem*” (PAPERT, 2008, p. 140, grifo do autor). Tal característica se evidencia quando percebemos que as crianças começaram a desenvolver seu pensamento algébrico durante uma discussão prazerosa sobre quais recursos gostariam de construir em seus jogos fazendo uso de variáveis. Uma discussão desenvolvida em função de uma linguagem familiar envolvendo recursos familiares. A qual evoluiu para situações envolvendo ideias e conceitos algébricos necessários para a construção de abstrações e de suas mútuas relações matemáticas através de expressões matemáticas computacionais. Ou

seja, as narrativas nos mostram um percurso que começou no familiar e prazeroso (recursos para o jogo) para o novo e desconhecido (variáveis e expressões matemáticas computacionais), experimentando, aos poucos, os recursos computacionais a fim de alcançar o que suas ideias pretendiam: construir suas versões para o jogo Pega Borboleta, criar e manipular variáveis e construir expressões matemáticas computacionais. Essa evolução apresenta a “continuidade do familiar para o novo” (PAPERT, 2008, p. 140), provocando o desenvolvimento intelectual das crianças ao serem capazes de construir e relacionar abstrações aplicando o conceito de variáveis em seus programas.

Percebemos nas experiências narradas e analisadas a existência de percursos de aprendizagem da álgebra que partem do pensamento concreto através da construção de jogos no Scratch em direção à mobilização do pensamento abstrato, transformando as soluções matemáticas computacionais em modelos algébricos. O que também consiste na aplicação do pensamento algébrico formal sobre a conclusão construída pelo pensamento reflexivo computacional, cumprindo assim o movimento Matemático-PC do aprendiz que parte de ideias algébricas intuitivas e contextualizadas para alcançar o formalismo algébrico, momento em que o conhecimento algébrico se torna concreto para o aprendiz do ponto de vista de sua aprendizagem. Quando se torna capaz de pensar e manipular ideias e conceitos algébricos puros, sem contextos, enxergando beleza no pensar e no fazer matemática.

5.5 - ExCEC E₅ - A ideia poderosa do *Dê-se tempo*

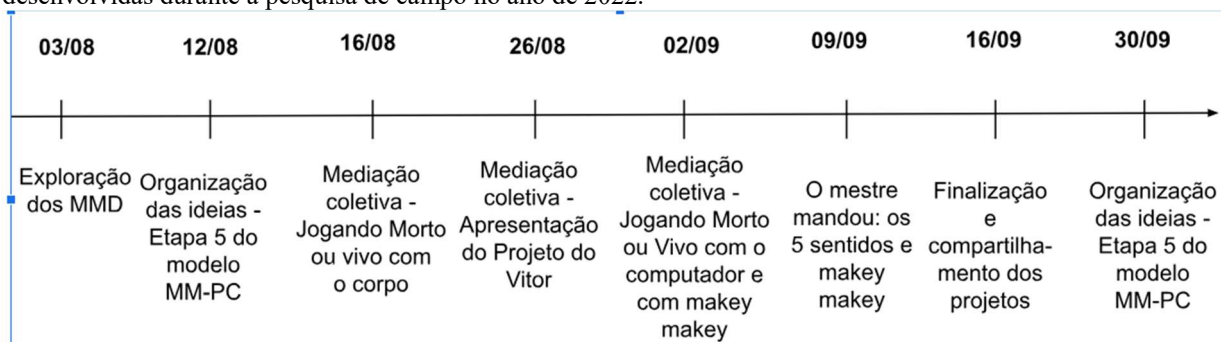
O objetivo desta seção é apresentar e discutir experiências educativas desenvolvidas para a aprendizagem de ideias e conceitos relacionados às estruturas de controle e aos comandos de sensores, necessários para a construção de programas para simular no micromundo virtual comportamentos ou ações desenvolvidas no mundo real. O conhecimento sobre como construir e utilizar as estruturas condicionais e os comandos de sensores do Scratch surgiu como algo importante e útil durante as ExCEC E₄, pois seus jogos precisavam simular o funcionamento de sensores reais, para perceber a ocorrência ou não de eventos ou estímulos em seu micromundo virtual ou real, e também para construir as regras de seus jogos para ganhar e perder pontos. No entanto, diferente das experiências anteriores, nos deparamos com um processo de aprendizagem pela construção de significados mais árduo e permeado por muitas dificuldades e obstáculos ainda desconhecidos, que pareciam impedir o desenvolvimento de novas aprendizagens necessárias para a conclusão de seus propósitos definidos para o projeto Meu Primeiro Jogo.

Durante os episódios da E4 as crianças construíram suas expressões matemáticas computacionais para ganhar e perder pontos. Quando tentaram avançar na programação das regras para ganhar e perder pontos, muitas dúvidas surgiram: **quando** o jogador ganha pontos? **Quando** o jogador perde pontos? **Onde** colocar no programa a expressão matemática para ganhar e para perder pontos? Por exemplo, no jogo Pega Borboleta, o jogador ganha pontos quando o morcego “pega” a borboleta, o que implementamos programando a borboleta para perceber o “toque” do morcego usando o comando *Se <tocando em morcego> então*. A condição do comando *Se* é formada pelo comando *<tocando em morcego>*, que *simula* a função de um sensor de contato utilizado para perceber o momento em que os dois atores - morcego e borboleta - “se tocam”, conforme apresentado na Figura 27

As manipulações e discussões sobre os MMD desenvolvidas nos dias 3 e 12 de agosto de 2022 fizeram com que as crianças percebessem a necessidade de construir suas próprias regras para ganhar e para perder pontos, mas não sabiam como fazer. A dúvida geral da turma tornou evidente que as crianças não conseguiram construir sozinhas o significado para as estruturas de controle *Se/então/senão* apenas explorando os MMD. Nem mesmo quando no momento para organizar as ideias contemplamos esses recursos com o objetivo de construirmos coletivamente o significado para essas ideias. Assim o fizemos manipulando os materiais manipulativos dinâmicos apresentados nas Figuras 5.15, 5.16 e 5.17, testando, observando, discutindo e refletindo sobre nossas observações, sendo norteados pela mediação questionadora e motivados pelo propósito de construirmos um placar para o jogo Pega Borboleta.

O contato das crianças com as ideias relacionadas a sensores e estruturas condicionais perdurou durante vários encontros, conforme apresentado na Figura 39 através de uma linha do tempo que indica a data do encontro e seu objetivo geral.

Figura 39 - Linha do tempo que apresenta as experiências educativas e as respectivas datas em que foram desenvolvidas durante a pesquisa de campo no ano de 2022.



Fonte: elaborada pela autora.

De acordo com a linha do tempo, percebemos que as crianças participaram de uma sequência de oito encontros para concluírem seus propósitos de construir seus primeiros jogos

digitais. Uma quantidade superior de experiências quando comparadas às sequências de experiências narradas nas seções anteriores. Durante elas, intercalamos momentos em que as crianças programaram seus projetos, solicitaram minha ajuda individual para resolver problemas que paralisaram suas ações, e desenvolvemos intervenções coletivas quando eu percebia que alguma dúvida surgia na maioria dos projetos. Em todas as intervenções individuais e coletivas, apliquei a mediação questionadora com o objetivo de levar as crianças a refletirem sobre o que observavam, na tentativa de estimular o surgimento de ideias através de questões formuladas e da aplicação dos princípios matemáticos, com a intenção de estabelecer conexões entre a experiência em curso e alguma experiência anterior.

Para compreendermos como se deu este processo mais prolongado de aprendizagem sobre as ideias relacionadas às estruturas condicionais e aos comandos de sensores, necessários para compreender e construir o conceito de simulação relacionado a nossa definição de PC, apresentamos a sequência de experiências computacionais desenvolvidas por Vitor. Nossa análise sobre o conjunto de dados produzidos durante esse período revelou que as experiências de Vitor estavam bem documentadas e eram representativas do processo de aprendizagem pela experiência desenvolvido pela turma, neste momento formada por apenas quatro alunos. Isso significa que as experiências educativas de Vitor ilustram muitas das dúvidas, desafios e problemas enfrentados por Kimberly, Maria Ana e Paulo enquanto desenvolviam seus projetos, pois, de maneira geral, todos os projetos tinham como objetivo construir e simular as regras para ganhar e perder pontos usando estruturas condicionais e comandos de sensores. Além disso, temos que o percurso de aprendizagem pela construção de significados desenvolvido por Vitor se deu num período menor de tempo quando comparado ao percurso desenvolvido pelas demais crianças, o que nos levou a refletir sobre o poder de ação do princípio matemático Dê-se tempo, e seu caráter pessoal proveniente da natureza pessoal de uma experiência educativa orientada pelo PRC.

Dessa forma, apresentamos, discutimos e analisamos os dados produzidos pelas experiências educativas de Vitor como um caso específico e representativo das demais experiências educativas desenvolvidas por seus colegas. Ao final desta seção, apresentamos os projetos Meu Primeiro Jogo de Kimberly, Maria Ana e Paulo, destacando quais ideias e conceitos matemáticos e computacionais foram alvos de seus processos de aprendizagem pela construção de significados.

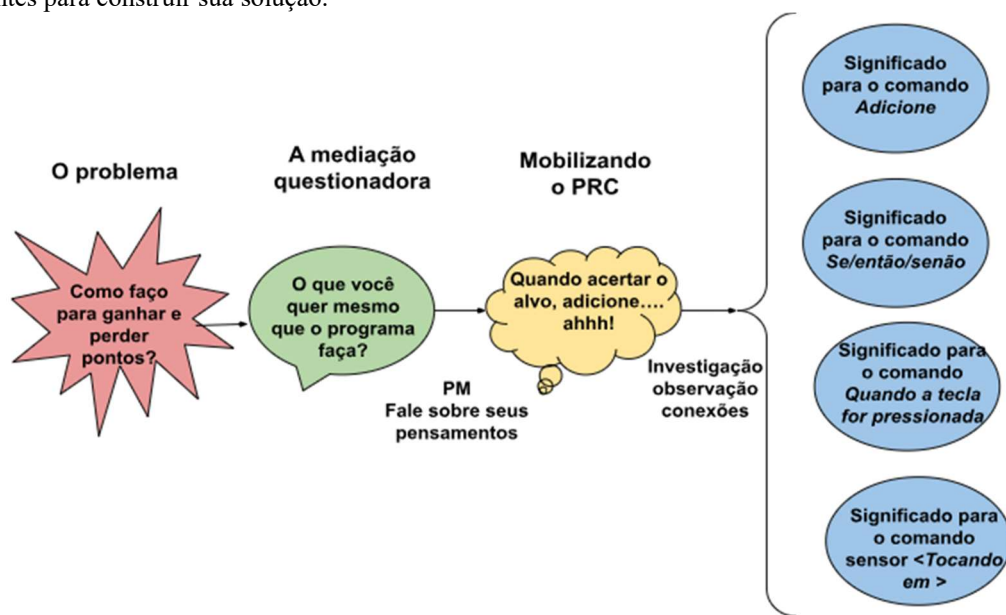
5.5.1 - ExCEC E5 - O movimento Matemático-PC de Vitor

No dia 3 de agosto de 2022...

Vitor se deparou com problemas que lhe deram a oportunidade de construir os significados matemáticos para suas expressões matemáticas computacionais e para as estruturas condicionais, conforme apresentado pela Figura 40. Paralisado por suas dúvidas, decide me chamar para perguntar: como eu faço para ganhar e perder pontos?

A mediação questionadora o levou a falar sobre suas ideias. A ação de falar sobre seus pensamentos o inseriu em um novo processo reflexivo, desenvolvido para investigar quais comandos deveria usar. Ele estava paralisado, sem conseguir continuar pois nenhuma ideia lhe vinha à mente. Quando conseguiu estabelecer as primeiras conexões através do *Fale sobre seus pensamentos*, foi capaz de ter ideias e a investigar quais delas resolveriam seu problema. Seu processo investigativo o levou a *descobrir* o conhecimento que precisava: os comandos *Adicione*, *Se/então/senão*, *Quando a tecla for pressionada* e *<Tocando em>*. Seus testes e observações o levaram a construir conjecturas, testá-las, refletir sobre os resultados, validar ou não suas ideias. Durante esse processo, teve a oportunidade de mobilizar seu PRC para construir os significados do que se mostrava como novo, e aplicar esse conhecimento conforme compreendia.

Figura 40 - O problema “Como faço para ganhar e perder pontos?” que leva Vitor a um processo de investigação orientado pelo PRC para a construção de significados matemáticos e computacionais dos novos conhecimentos importantes para construir sua solução.



Fonte: elaborada pela autora

Percebemos que o PRC de Vitor ficou “impedido” de prosseguir quando ideia alguma foi sugerida por sua mente. Além disso, evidenciamos que o PRC de Vitor foi estimulado a partir da aplicação de um princípio matético - *Fale sobre seus pensamentos*, indicando que os princípios matéticos podem ser importantes estratégias para estimular ideias que servirão como

sugestões para construção e testes de hipóteses pelo PRC durante seu processo investigativo para compreender e solucionar um problema.

Ainda no dia 3 de agosto, Vitor teve a oportunidade de construir seu significado para a ideia poderosa da *modularização*, contemplada por nossa definição de pensamento computacional, conforme ilustra a Figura 41. Novamente paralisado, pede minha ajuda para resolver o seguinte problema: como faço para acertar o alvo e deixar a arma no mesmo lugar?

Figura 41- O problema “Como faço para acertar o alvo e deixar a arma no mesmo lugar?”, que leva Vitor a um processo de investigação orientado pelo PRC para desenvolver a ideia de modularização e aplicá-la como estratégia de pensamento para programar seu projeto.



Fonte: elaborada pela autora.

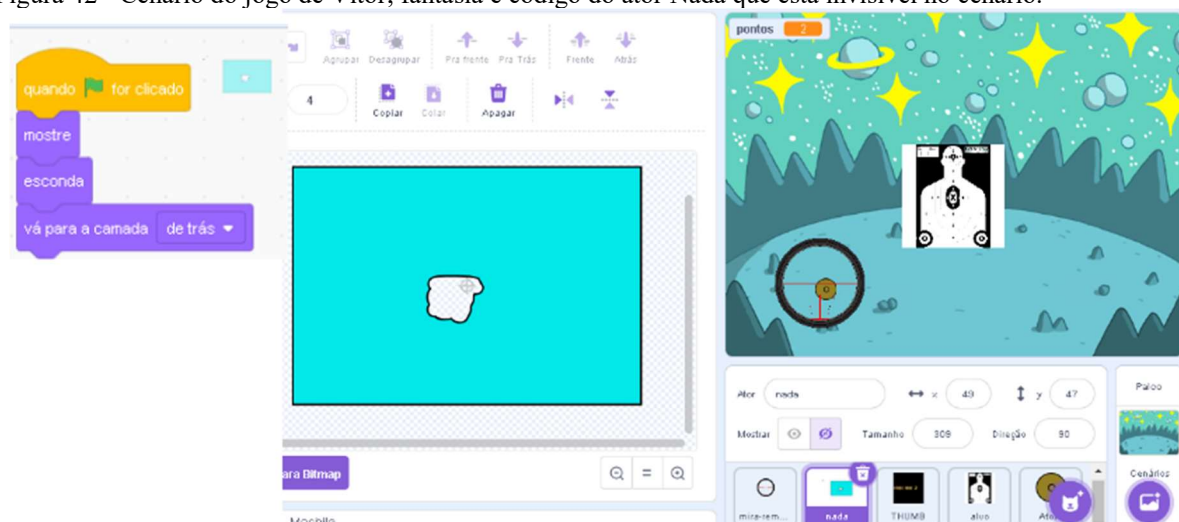
Vitor estava confuso sobre quais atores precisava incluir, e sobre quais comportamentos deveria programar para cada um deles. Ele não havia percebido que precisava criar outro ator para acertar o alvo, pois a arma deveria disparar um tiro, o qual poderia ou não acertar o alvo. Para ele não fazia sentido a arma se movimentar para acertar o alvo, mas não conseguia perceber a necessidade do ator *tiro*, o qual deveria se mover em direção ao alvo. Como resultado, acabou programando o ator *arma* com o comportamento esperado para o ator *tiro*. A mediação questionadora o levou a *Falar sobre seus pensamentos*, a refletir e a perceber que precisava repensar seu projeto em função de seus módulos, de modo que cada ator corresponderia a um módulo que deveria ser criado e programado.

Percebemos neste episódio que faltava a Vitor a capacidade de *modularização*, relacionada ao pensamento computacional, e entendida como uma estratégia de pensamento aplicada para dividir o problema ou o projeto em módulos, levando-se em consideração uma divisão natural em termos de suas funcionalidades. Uma divisão natural para projetos no Scratch seria dividir o projeto em função dos atores criados e de seus comportamentos programados e encapsulados em seus respectivos atores.

A mediação questionadora levou Vitor a compreender melhor sua situação problemática, perceber seus equívocos, e a sugerir ideias sobre como resolver seu problema, conforme mostra a Figura 41. Percebemos que, novamente, o princípio *Fale sobre seus pensamentos* o levou a refletir sobre o que observava, contrastando suas observações com seu propósito, pois o que havia programado não correspondia ao que desejava. Temos mais uma evidência da aplicação de um princípio matético para estimular o surgimento de ideias pelo PRC de Vitor, as quais, enquanto meras sugestões, deram a ele a oportunidade de empreender um processo investigativo para a construção de significados para a ideia de *modularização*, desenvolvendo assim seu pensamento computacional.

No dia 12 de agosto de 2022, Vitor enfrentou desafios que lhe deram a oportunidade de construir seu significado para a ideia poderosa da *simulação*, também relacionada à nossa definição de PC. A Figura 42 apresenta o cenário do jogo, o ator *Nada* e a primeira versão de seu programa. O ator *Nada* foi criado para ocupar toda a região do cenário, com exceção do local onde está o alvo, com o objetivo de verificar quando o jogador erra o alvo, funcionando como um sensor de contato programado para perceber o “toque” do ator Tiro quando este erra o alvo. Se o ator *Tiro* “tocar” no ator *Alvo*, então o jogador ganha 2 pontos. Se o ator *Tiro* “tocar” no ator *Nada*, então o jogador perde 2 pontos, conforme ilustra a Figura 43.

Figura 42 - Cenário do jogo de Vitor; fantasia e código do ator Nada que está invisível no cenário.



Fonte: elaborada pela autora.

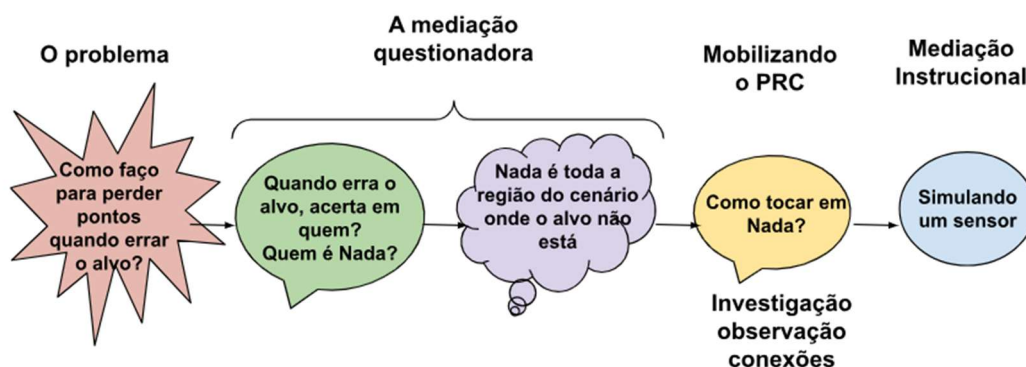
Figura 43 - Cenário do jogo de Vitor; fantasia e código do ator Nada que está invisível no cenário.



Fonte: elaborada pela autora.

A ideia de Vitor para implementar seu sensor de contato é programar o ator *Nada* para ocupar toda a região do cenário onde o alvo não está, e deixá-lo invisível usando o comando Esconda, conforme mostra a Figura 42. Ao testar sua ideia original para seu sistema simulador de um sensor de contato, percebe que não funciona, pois quando o jogador erra o alvo o valor dos pontos não é decrementado. Surge então o problema apresentado na Figura 44: como faço para perder pontos quando errar o alvo?

Figura 44 - O problema “Como faço para perder pontos quando errar o alvo?” paralisa as ações de Vitor. A mediação questionadora surge como estratégia de ensino e reflexão.



Fonte: elaborada pela autora.

Vitor paralisa suas ações pois nenhuma ideia diferente da original lhe vêm à mente como sugestão para a pergunta “como tocar em Nada?”. Vitor foi capaz de construir seu significado para o comando *Se <tocando em Nada> então* durante sua experiência anterior, pois o utilizou para criar as regras de seu jogo para ganhar e perder pontos, como mostra a Figura 43. Ele havia iniciado seu processo de aprendizagem sobre a ideia da simulação, mas precisava avançar na construção dessa concepção, construindo um sistema simulador para um sensor de contato através do ator *Nada*.

O problema de Vitor surgiu quando percebeu que mesmo quando o ator *Tiro* “tocava” em *Nada*, o jogador não perdia pontos. Quando pediu minha ajuda, lhe perguntei: “como tocar em *Nada* se ele está escondido?” Vitor havia programado esse ator para ficar escondido, como apresenta a Figura 42, pois sua intenção era usá-lo como um sensor de contato para mapear a região do cenário fora do alvo, sem, no entanto, ficar visível para o jogador. Mas Vitor não percebeu que quando um ator se esconde é como se ele estivesse ausente do cenário, não podendo ser “tocado”. Logo, o problema de Vitor não era fruto de algum erro presente na estrutura condicional *Se <tocando em Nada> então*, e deveria ser reformulado para “*como deixar o ator Nada presente no cenário e ao mesmo tempo invisível?*”

Esse conhecimento não estava acessível a Vitor pela observação direta, mas poderia ser acessado através da mediação questionadora e instrucional. Apresentei a ele o comando *Mude 100 ao efeito fantasma* como um recurso para tornar o ator *Nada* transparente, invisível, sem escondê-lo ou retirá-lo do cenário, podendo ser então “tocado”. Ele alterou seu programa, testou e verificou que resolvia seu problema. Depois, manipulou o argumento numérico do comando conforme suas necessidades. A Figura 45 mostra a versão final do programa do ator *Nada*.

Figura 45 - Código do ator Nada alterado, substituindo o comando Esconda pelo comando Mude 100 ao efeito fantasma.



Fonte: elaborada pela autora.

O conceito de simulação é contemplado por nossa definição de pensamento computacional, consistindo na capacidade de programar um sistema computacional para simular as funcionalidades de um sistema real. Neste episódio, Vitor teve a oportunidade de construir para si um significado para a ideia de simulação, desenvolvendo um programa para simular o funcionamento de um sensor de contato. Ele iniciou seu processo de aprendizagem sobre esse conceito, mas não conseguiu completá-lo sozinho, pois este havia sido seu primeiro contato com essa ideia. A ausência de relações com experiências anteriores que contemplassem a ideia de simulação o levou a sugerir como solução de seu problema uma ideia equivocada, mas a única que ele já conhecia: usar o comando *Esconda* para deixar o ator *Nada* invisível.

Suas experiências anteriores o levaram a selecionar esse comando e a relacionar a ele um significado equivocado neste novo contexto, pois ele não torna o ator invisível, mas sim o “retira” do cenário.

Neste episódio aconteceu o que Dewey (1979) diz sobre a capacidade de *generalizar* uma concepção quando esta se torna concreta para o aprendiz, o que significa ser capaz de aplicá-la em outros contextos para resolver outros problemas. Neste caso, nem o conceito do comando *Esconda*, nem mesmo a ideia de *simulação* eram concretas para Vitor do ponto de vista de sua aprendizagem, pois sua significação não estava “nitidamente extremada de outras significações” (DEWEY, 1979, p. 218). Eram, ainda, ideias abstratas, cujas concepções estavam em processo de construção para se tornarem concretas em sua sacola mental pois, para terem seus significados apreendidos, primeiro Vitor evocou pelo significado de coisas mais familiares buscando por relações entre estas e o que ainda não era compreendido: o comando *Esconda* (familiar) para construir o significado de *invisível*, e a condição <tocando em> (familiar) para construir o significado para um sensor de contato.

A mediação questionadora surgiu como possibilidade para oportunizar a Vitor a construção do significado para a ideia de *simulação*, o que nos leva a concluir que esse conceito não pôde ser construído por Vitor apenas pela observação direta durante seu processo investigativo. Entendemos que a justificativa está na ausência cultural de situações que colocassem Vitor em contato com essas ideias, pois os processos mentais envolvidos para desenvolver um sistema de simulação precisam ser intencionalmente mobilizados para identificar na situação investigada a necessidade de aplicá-los. Isso significa que a criança precisa ser capaz de identificar qual sistema real precisa ser simulado e quais recursos computacionais precisa utilizar para implementá-lo. O que nos leva a perceber que o conhecimento envolvido para simular um sistema real, como o toque ou o sentido do tato, por exemplo, contempla compreensões sobre como esse sistema funciona na realidade e o conhecimento técnico sobre quais recursos computacionais utilizar para simular esse funcionamento através de um programa.

Neste contexto, percebemos que Vitor foi capaz de abstrair compreensões sobre como funcionava seu sistema sensorial, em especial, seu sentido para o tato. Apreendeu esse conhecimento como algo familiar presente na situação, para compreender o que se apresentava como novo: *simular* o contato entre os atores *Tiro* e *Nada* em seu programa. Essas relações entre suas experiências anteriores e seu conhecimento corporal, e a experiência em curso o levou a *simular* a situação real em que dois objetos se tocam, utilizando para isso o comando

de sensor do Scratch <tocando em alvo> e <tocando em nada>, construindo um simulador de um sensor de contato para seu programa. No entanto, faltava-lhe o conhecimento técnico de programação sobre como tornar seu sensor invisível, sem prejudicar seu funcionamento. Conhecimento este que se tornou acessível através da mediação questionadora, pois sua natureza técnica envolvia “um aspecto impossível de ser apreendido facilmente pela observação pessoal” (DEWEY, 1979, p. 254).

5.5.2 - O poder de ação do princípio matético *Dê-se tempo* numa experiência educativa

Para construir seu sistema para simular um sensor de contato entre dois atores de seu projeto de programação Vitor precisou construir para si diversos significados relacionados aos comandos *Adicione*, *Se/então/senão*, <tocando em> e *Quando a tecla w for pressionada*. Para isso, desenvolveu uma sequência de experiências computacionais desenvolvidas em três encontros que perduraram do dia 3 ao dia 16 de agosto, conforme a linha do tempo da Figura 39. Precisou de tempo para assimilar essas ideias e transformá-las em concepções concretas do ponto de vista de sua aprendizagem, fato este que se evidenciou no dia 26 de agosto quando apresentou seu projeto à turma.

O tempo necessário para Vitor desenvolver seu processo de aprendizagem sobre o conceito de simulação não equivale ao tempo despendido pelas demais crianças da turma que também precisavam desse recurso. Assim como Vitor, elas entraram em contato com a ideia da simulação em seus projetos através da exploração, da mediação questionadora individual e coletiva desde o dia 3 de agosto de 2022. Desenvolveram suas experiências educativas tendo acesso aos mesmos recursos computacionais e intervenções coletivas, e solicitaram por intervenções individuais para resolver problemas relacionados aos mesmos comandos de sensor e estruturas condicionais. No entanto, o tempo necessário para construir seus significados para o que se mostrava como novo perdurou por semanas, sendo necessário o desenvolvimento de diversas experiências educativas para engajá-las em situações em que seu pensamento reflexivo computacional pudesse pensar e manipular a ideia de simulação implementada através das estruturas condicionais e dos comandos de sensores do Scratch.

Os conceitos que se tornaram concretos para Vitor após uma sequência de experiências computacionais desenvolvidas em três encontros, ainda se mostravam abstratos para os demais colegas, pois discriminar sobre o que é concreto ou abstrato para alguém depende do nível de conhecimento ou desenvolvimento intelectual da própria pessoa. Kimberly, Paulo e Maria Ana precisaram “lembrar-se primeiro das coisas que lhes são bem conhecidas, para em seguida efetuar uma lenta transferência de sentido” (DEWEY, 1979, p. 218) para compreender o novo.

Ao perceber suas dificuldades e entendendo a natureza pessoal e específica do PRC, que depende das experiências anteriores de cada criança, de sua cultura, e de seu conhecimento prévio identificado como familiar em uma experiência em curso, reconhecemos ser essencial neste momento da pesquisa de campo aplicar o princípio matético *Dê-se tempo*. Dessa forma, planejamos e desenvolvemos outras experiências educativas a partir do dia 16 de agosto para inseri-las num contexto em que os conceitos necessários a seus projetos estivessem presentes como um conhecimento útil, com o objetivo de favorecer as conexões necessárias para estimular o processo de aprendizagem pela transferência de sentidos entre o familiar e o novo.

No dia 16 de agosto desenvolvemos uma experiência educativa para refletir sobre o conhecimento corporal envolvido no jogo Morto ou Vivo, suas regras, e como poderíamos organizar essas regras através de um algoritmo utilizando estruturas condicionais. O objetivo desta experiência foi trazer à consciência das crianças a existência e a necessidade de sistematizar as regras de um jogo real, com a intenção de construir abstrações sobre como funciona e se organiza esse sistema real.

No dia 26 de agosto, Vitor apresentou seu projeto Meu Primeiro Jogo à turma. Mostrou como o jogo funcionava, suas regras, cenário, atores, discutindo a programação que construiu para cada ator. Neste momento ficou evidente que o conhecimento sobre variáveis e suas relações algébricas, estruturas condicionais, modularização, paralelismo e simulação se tornaram concretos em sua mente. Ele foi capaz de se instrumentalizar desses conceitos para finalizar seu projeto, e também de expressar seus pensamentos com clareza de ideias, apresentando o raciocínio desenvolvido para manipular esses e outros conceitos, construindo as relações lógicas necessárias para modelar e representar sua forma de pensar a solução de seus problemas através de seus programas. Evidenciamos em sua apresentação que sua compreensão sobre o conceito de simulação e sobre os recursos computacionais utilizados se tornaram concretas.

No dia 2 de setembro apresentei o jogo Morto ou Vivo com o computador como um material manipulativo dinâmico (MMD) para ser jogado, manipulado e explorado pelas crianças para construírem suas compreensões sobre o conceito de simulação e seus recursos computacionais envolvidos: estruturas condicionais e comandos de sensores. A ideia era partir de suas compreensões sobre o sistema real Morto ou Vivo, construídas durante a experiência desenvolvida no dia 16 de agosto, para conectá-las ao novo conhecimento sobre como simular esse sistema através de um programa. No entanto, muitas dificuldades ainda permaneciam.

Diante delas, pensei em como poderia aproximar ainda mais as ideias relacionadas à simulação das experiências de vida das crianças. Como poderia planejar experiências para aproximar o conhecimento a ser compreendido de situações familiares para favorecer as conexões necessárias para uma aprendizagem pela experiência. Foi quando a robótica surgiu como possibilidade para conectar o conhecimento corporal e familiar das crianças ao conhecimento necessário para simular o funcionamento de um sistema sensorial real através de um sistema computacional. Para tanto, apresentei a placa *makey makey*⁷ como um recurso de eletrônica que poderia ser utilizado para controlar e jogar os jogos construídos no Scratch. Então, ainda neste encontro, conectamos a placa *makey makey* ao jogo Morto ou Vivo para controlá-lo usando um controle construído com papel alumínio. Tal experiência inspirou Vitor a iniciar outro projeto em colaboração com seu amigo Paulo: o Tapete para Dança Livre.

No dia 9 de agosto brincamos de *O mestre mandou* com o objetivo de trazer à consciência das crianças o conhecimento delas sobre seu sistema sensorial formado pelos cinco sentidos: paladar, olfato, visão, audição e tato. Como mestre, dava um comando para movimentar ou estimular um determinado sentido de seu corpo, e as crianças deveriam responder ao comando selecionando o sentido correto para executar o comando. Foi bastante divertido. Finalizamos a brincadeira organizando nossas ideias sobre nosso sistema sensorial com a intenção de tornar acessível a ideia de um simulador para um sistema sensorial de contato (ou tato).

As ideias envolvidas na brincadeira *O mestre mandou* foram utilizadas como um conhecimento familiar para favorecer as conexões necessárias para a compreensão da placa *makey makey* como um sistema sensorial robótico que simula nosso sistema sensorial de tato, percebendo estímulos de contato. Ela é formada por seis sensores capazes de perceber quando algumas teclas do computador são pressionadas: teclas seta para direita, seta para esquerda, seta para cima, seta para baixo, espaço, e o clique do *mouse*.

Alcançamos o objetivo pretendido, pois as crianças foram capazes de manipular a placa *makey makey* para construir seu sistema robótico sensorial para perceber o toque sobre as teclas utilizadas em seus programas. Além disso, o conhecimento sobre como simular um sistema sensorial através da robótica tornou acessível as ideias sobre como simular um sistema sensorial de contato através de um programa no Scratch utilizando as estruturas condicionais e os

⁷ Makey makey é uma placa de circuito integrado que funciona interagindo com computadores como se fosse um teclado ou um mouse tradicional. Disponível em: <https://makeymakey.com/pages/how-to>

comandos de sensores, sanando as principais dúvidas e dificuldades enfrentadas pelas crianças em seus projetos.

Nesta experiência, utilizamos os seguintes materiais para construir os dispositivos robóticos: placa *makey makey* como um conjunto de sensores de contato, fios com conectores tipo jacaré, papel alumínio, arames, massinha de modelar, papelão, canetinhas e cola. A Figura 46 apresenta alguns registros fotográficos desse encontro, com as crianças construindo e programando seus dispositivos robóticos. Nas imagens temos Maria Ana e Kimberly construindo os dispositivos para controlar seus jogos com papel alumínio e massinha de modelar, respectivamente, usando a placa *makey makey* como um sistema de sensor de contato para reconhecer os movimentos do jogador e enviar esses estímulos ao programa. Também, temos Vitor construindo seu tapete para dança livre utilizando papelão e papel alumínio conectados à placa *makey makey*, também utilizada como um sistema de sensor de contato para reconhecer os movimentos do jogador e controlar seu programa com base nestes movimentos.

Figura 46 - Construção e programação dos dispositivos robóticos utilizados nos projetos de Kimberly, Maria Ana, Vitor e Paulo.



Fonte: elaborada pela autora.

No dia 16 de setembro as crianças conseguiram finalizar seus projetos Meu Primeiro Jogo, construindo e programando um dispositivo robótico para controlar seus jogos usando a placa *makey makey*. Foi quando sugeri à turma para convidar alguns de seus amigos para virem até o laboratório de informática para jogar e testar seus projetos. Eles deveriam apresentar seus jogos, deixá-los jogar, ouvir suas ideias e considerá-los para aprimorar seus projetos. Eles gostaram muito da ideia e se animaram ainda mais para concluir e aprimorar seus projetos. Dei mais um tempo para isso. Depois, fui ao pátio para fazer o convite. Participaram dessa mostra de trabalhos Kimberly, Vitor e Paulo. Maria Ana havia faltado nesse encontro.

Quando as crianças chegaram, foram até os computadores para conhecer os jogos de seus amigos. A interação foi muito positiva: conversaram, apresentaram as regras dos jogos, jogaram. Enquanto isso, os autores Vitor, Kimberly e Paulo mexiam no código para corrigir

algum *bug* quando era encontrado, ou para atender a alguma ideia de seus colegas. Por exemplo, Kimberly não definiu a posição inicial do urso, e cada vez que alguém alterava sua posição durante o jogo, ele começava a próxima partida do jogo com sua posição inicial alterada. Outro problema surgiu no projeto de Kimberly: o urso estava “flutuando”, de modo que nunca tocava no chão nem na pedra. Assim, o urso não precisava pular a pedra e o jogador nunca perdia pontos por tocar nela, como detalharemos nos códigos dos programas apresentados a seguir.

O momento de compartilhamento foi muito enriquecedor, divertido, cheio de interação, novas ideias, descobertas de erros, correção de erros e sugestões para aprimoramento dos projetos. Serviu também para despertar o interesse daqueles que haviam abandonado seus projetos porque queriam ficar brincando no pátio. Eles gostaram tanto dos projetos de seus amigos que pediram para voltar ao “curso”, o que infelizmente não foi possível em virtude do cronograma da pesquisa que precisava ser atendido. A Figura 47 apresenta algumas fotos desses momentos de compartilhamento. Nas imagens, podemos identificar Paulo, Vitor e Kimberly apresentando seus projetos aos colegas, orientando-os sobre como jogar, ouvindo suas ideias, identificando erros e corrigindo-os.

Figura 47 - Fotos dos momentos em que Kimberly, Paulo e Vitor compartilharam seus projetos Meu Primeiro Jogo com alguns colegas da Mirim.



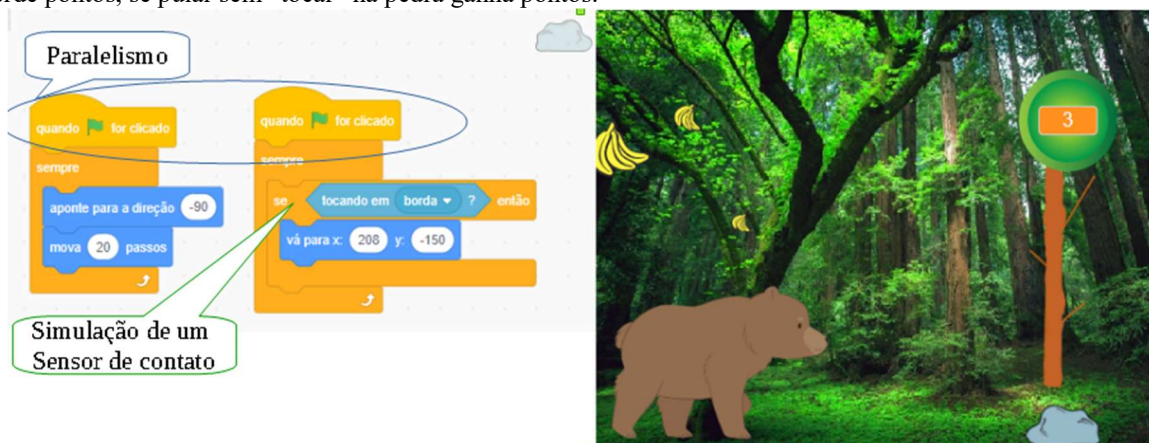
Fonte: elaborada pela autora.

Por fim, no dia 30 de setembro realizamos uma experiência computacional para organizar as ideias e os significados construídos em suas experiências, cumprindo assim a etapa 5 do Movimento Matemático-PC do processo de aprendizagem das crianças. Para tanto, durante o planejamento desse encontro fiz uma pré-análise de seus projetos para elencar quais tópicos poderiam ser contemplados na discussão. Identificamos em seus projetos ideias matemáticas sobre ângulos, números positivos, coordenadas cartesianas, estilo de rotação, operações aritméticas de soma e subtração, números aleatórios, operadores relacionais, variáveis; unidade

de tempo e porcentagem; e os conceitos correlacionados a nossa definição de pensamento computacional: simulação, modularização, paralelismo, formulação de problemas, algoritmos, abstração, generalização e reconhecimento de padrões.

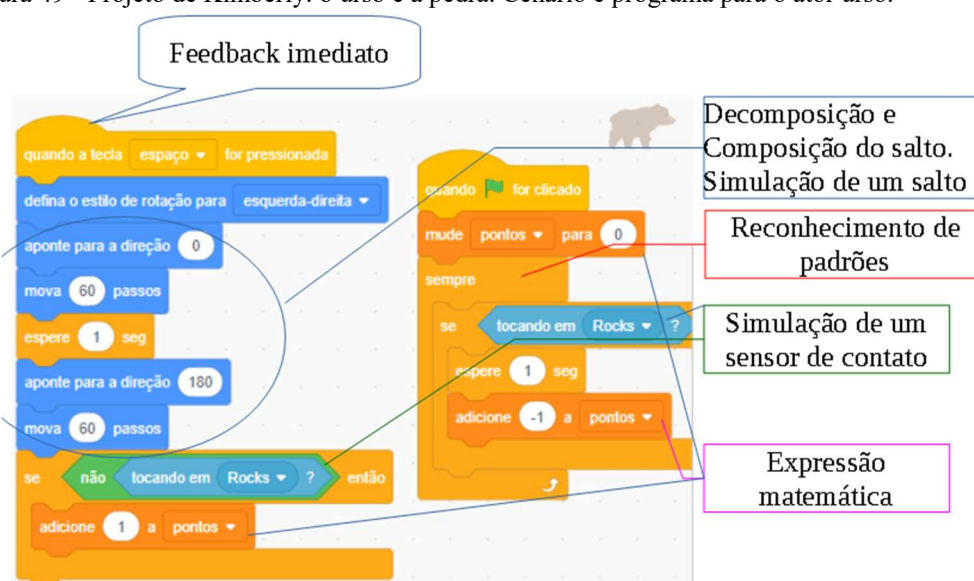
Discutimos os jogos construídos pelas crianças, suas regras, seus programas, enfatizando os significados construídos para seus sistemas simuladores, e sobre como compreenderam os recursos computacionais utilizados para sua programação, sobretudo as estruturas condicionais e os comandos de sensores. As Figuras 48, 49, 50 e 51 apresentam as versões finais dos jogos construídos pelas quatro crianças que persistiram até esta etapa da pesquisa: Kimberly, Maria Ana, Vitor e Paulo. Nelas, destacamos quais conceitos relacionados ao PC foram desenvolvidos pelas experiências computacionais das crianças.

Figura 48 - Projeto de Kimberly: o urso e a pedra. Programa do ator pedra. O urso deve pular a pedra que se movimenta na horizontal, do canto direito do cenário até o canto esquerdo. Se o urso “tocar” na pedra, o jogador perde pontos, se pular sem “tocar” na pedra ganha pontos.



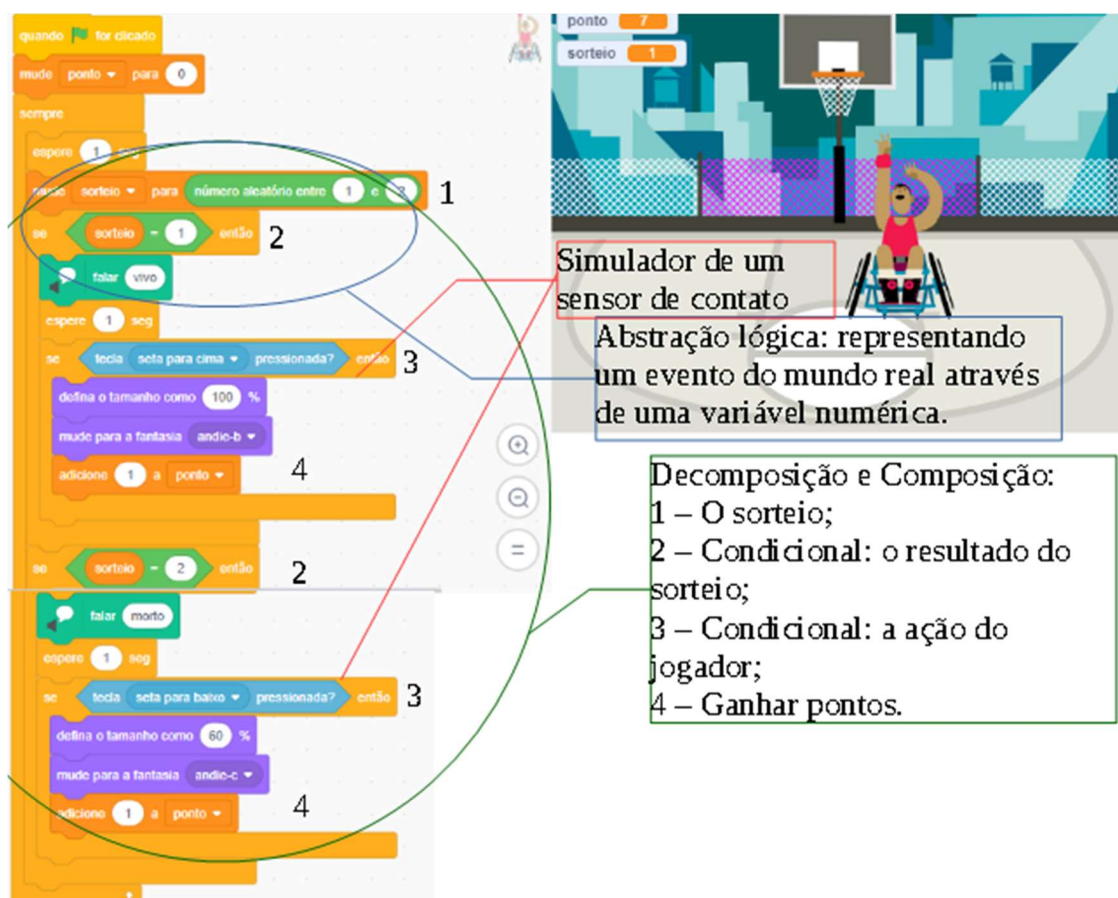
Fonte: elaborada pela autora.

Figura 49 - Projeto de Kimberly: o urso e a pedra. Cenário e programa para o ator urso.



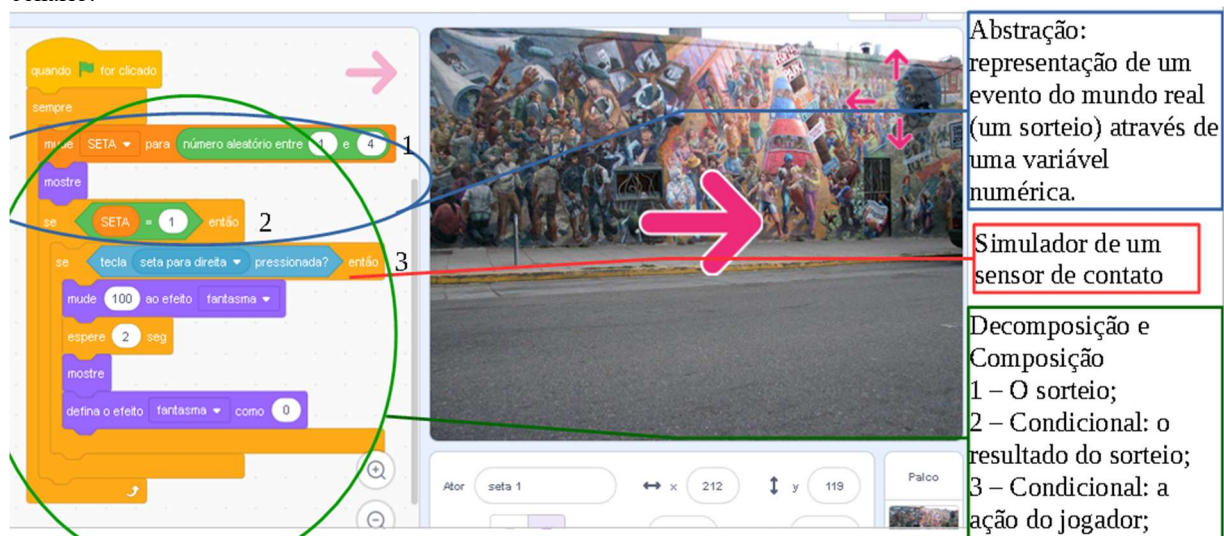
Fonte: elaborada pela autora.

Figura 50 - Projeto da Maria Ana: Morto ou Vivo da inclusão. Cenário e programa para o ator Jogador de basquete. Ao ouvir Vivo, o jogador deve pressionar a tecla seta para cima para ganhar pontos. Ao ouvir Morto, o jogador deve pressionar a tecla seta para baixo para ganhar pontos.



Fonte: elaborada pela autora.

Figura 51- Projeto da dupla Vitor e Paulo: Tapete para Dança Livre. Cenário e programa para o ator seta para a direita pequena (localizada no canto superior direito do cenário). Enquanto a música é tocada, o jogador escolhe qual seta quer pressionar com seus pés: direita, esquerda, para cima ou para baixo. A seta pressionada é percebida pelo sensor de contato, sua imagem aparece no centro e desaparece do canto superior direito do cenário.



Fonte: elaborada pela autora.

A análise sobre as versões finais de seus projetos, bem como as discussões realizadas na experiência do dia 30 de setembro evidenciaram que as crianças entraram em contato com uma diversidade de conceitos matemáticos e computacionais que se mostraram importantes para alcançarem seus propósitos. Neste processo de aprendizagem pela construção de significados, marcado pela lenta transferência de sentidos entre o familiar e o conhecimento novo, evidenciamos a importância da aplicação do princípio *Dê-se tempo*. Tanto Papert (2008) quanto Dewey (1979) reconhecem a importância desse princípio, afirmando que a criança precisa ter a chance de fazer tudo com calma e tempo suficiente para experimentar e pensar sobre o problema e suas possíveis soluções (PAPERT, 2008), e durante esse processo, precisa de tempo para aprender os conceitos objetos de seu estudo através de uma sequência de experiências que se sucedem (DEWEY, 1979).

Nossa análise sobre os dados apresentados nesta seção nos leva a perceber que o *Dê-se tempo* acontece de maneira específica para cada criança, se desenvolve e perdura de maneiras diferentes para cada aprendiz, mas se mostra essencial para garantir o desenvolvimento de uma aprendizagem pela experiência que respeita a pessoalidade e especificidade do PRC. O *Dê-se tempo* é fundamental para dar a cada aprendiz a oportunidade de se conectar com seu conhecimento cultural e intelectual para viabilizar o surgimento de ideias durante seu processo investigativo, buscando compreender e resolver suas situações problemáticas.

5.6 - A ideia poderosa do *feedback* imediato

Nesta seção, vamos analisar a fundo as dificuldades enfrentadas pelas crianças durante suas experiências computacionais E₅, buscando compreensões sobre os motivos que as levaram a demandar por uma sequência mais extensa e diversa de experiências educativas para construir seus significados para a ideia de simulação utilizando variáveis, estruturas condicionais e os comandos de sensores do Scratch.

Quando comparamos o processo de aprendizagem desenvolvido pelas ExCEC E₂ e E₃, ao processo desenvolvido pelas ExCEC E₄ e E₅, percebemos que as primeiras experiências aconteceram de modo mais fluido. Boa parte das primeiras aprendizagens das crianças tiveram início de maneira autônoma, enquanto exploravam os comandos. Realizavam experimentos encaixando e desencaixando os comandos, testando-os individualmente, e recebendo do Scratch o resultado imediato de suas manipulações como resposta. Esse processo investigativo serviu para construir suas ideias intuitivas sobre os conhecimentos matemáticos e computacionais que permeavam seus projetos e, a partir deles, avançamos rumo à construção dos conceitos relacionados às suas intuições.

Nossa análise sobre as dificuldades que surgiram nas ExCEC E₄ e E₅ nos levaram a refletir sobre o papel e a importância das *observações* durante a mobilização do pensamento reflexivo computacional, fazendo emergir a seguinte inquietação: qual o impacto das *observações* sobre o processo de aprendizagem pela construção de significados matemáticos e computacionais em uma ExCEC? Ou, mais especificamente, qual o efeito do *dinamismo* dos *feedbacks* produzidos pelo Scratch sobre o processo de aprendizagem pela construção de significados? Nesta seção vamos apresentar as compreensões construídas por nossa análise em torno dessas inquietações.

5.6.1 - Os *feedbacks* concebidos como fatos para estimular ideias pelo Pensamento Reflexivo Computacional

Ao revisitar os pressupostos teóricos da filosofia da experiência de Dewey, encontramos que o processo reflexivo contempla a *observação*, aplicada sobre a situação através de nosso sistema sensorial, ou sobre o que se resgata da memória. Em ambos os casos, é através dela que surgem os *fatos*, considerados como “condições que vieram à luz, não importa se por percepção direta ou através da memória” (DEWEY, 1979, p. 108). Por outro lado, a reflexão também inclui *sugestões*. Enquanto se observa os fatos, surgem as possíveis *ideias* ou *sugestões* de solução à situação problemática. Cada *sugestão* vem acompanhada de um conjunto de *fatos* que devem ser analisados e relacionados à sugestão a fim de verificar se atendem a todas as condições do problema. Além disso, enquanto a possível solução permanece em suspenso, acontece um movimento de revisitação da situação, em que a criança precisa retroceder aos fatos, o que a levará a um ponto de vista (sugestão) diferente, o qual a levará novamente a novas observações e lembranças. Esse processo cíclico de observar e de ter ideias se retroalimenta até que se alcance a conclusão almejada.

De fato, foi o que evidenciamos nas ExCEC E₂ e E₃. A etapa de *observação* do pensamento reflexivo computacional das crianças desenvolveu-se sobre suas lembranças e sobre as respostas emitidas pelo Scratch como resultado de suas ações sobre os comandos e da execução de seus programas. Chamamos estas respostas do Scratch aos estímulos recebidos de *feedbacks*, e consistem no resultado perceptível aos sentidos das ações das crianças enquanto construíam e testavam seus programas.

Os *feedbacks* do Scratch serviram como materiais intelectuais para o pensamento reflexivo computacional das crianças, que puderam *observar* as respostas de suas ações sobre os comandos e sobre as manipulações em seus programas, *relacionar* o que percebiam a algo familiar para *conectar* sua experiência em curso a alguma experiência anterior, para assim

construir um significado para o que percebiam. Os *feedbacks* serviram como estímulo ao surgimento de *ideias*, pois o que estava diante da criança, a situação que conseguia observar e perceber pelos sentidos, a conduzia a uma ideia que não estava fisicamente presente na situação. E essas ideias levaram a criança a *construir relações* entre o que observava, lembrava e conhecia, *inferindo* hipóteses sobre possíveis soluções de suas situações problemáticas. Os *feedbacks* consistiram nos materiais intelectuais que alimentaram os processos de pensamento alvos de nossa investigação: *análise, síntese, abstração, generalização, reconhecimento de padrões, decomposição e composição, modularização, paralelismo e simulação*.

Essas respostas do sistema do Scratch foram, portanto, essenciais para um processo de aprendizagem pela experiência educativa e inteligente fundamentada nos princípios do *continuum experiencial* e no *princípio da interação* (DEWEY, 1976), pois as observações dependem do potencial do sistema para proporcionar a *interação* entre as condições objetivas e subjetivas da experiência, ao passo que suas percepções sobre o que é observado viabilizam as conexões necessárias à aplicação do princípio do *continuum*.

Os *feedbacks* do Scratch, quando recebidos *imediatamente* após uma ação, são entendidos como *feedbacks imediatos*, pois a criança *recebe e percebe imediatamente* o resultado de sua ação sobre algum comando. Por exemplo, na ExCEC E₂ Paulo *observou* imediatamente o movimento circular de seu planeta enquanto manipulava o comando *Gire*, e suas reflexões sobre o que percebia o levaram a construir seu significado para o argumento numérico do comando como um controlador da velocidade de rotação do planeta Terra; a turma construiu seus significados para as ideias de números positivos e negativos dentro do contexto dos comandos *Mova* e *Espere observando* e refletindo sobre o resultado imediato de suas manipulações matemáticas. Na ExCEC E₃, Kimberly, Beatriz, Eloá e Kauã construíram seus significados para a ideia de paralelismo de procedimentos *observando* e refletindo sobre o que acontecia quando conectavam diferentes blocos de comandos ao mesmo comando de início de programa, enquanto Paulo continuou seu percurso rumo à conceitualização dessa ideia realizando novos experimentos, novas *observações* e reflexões. Já Vitor, construiu seu significado para as ideias de razão e proporção dentro do contexto do comando para alterar a transparência da imagem do vídeo *observando* e refletindo sobre as alterações da imagem percebidas imediatamente enquanto realizava suas manipulações matemáticas.

As ExCEC E₂ e E₃ ilustram situações problemáticas em que os comandos manipulados forneceram *feedbacks imediatos* como material intelectual para as reflexões das crianças. Ou seja, os *micromundos* construídos por seus programas forneceram um contexto rico em

materiais para a reflexão, dando a elas a oportunidade de mobilizar seu pensamento reflexivo computacional para compreender e resolver as situações problemáticas que surgiram durante o percurso rumo ao cumprimento de seus propósitos. Por outro lado, temos que essa natureza *imediata* das respostas produzidas pelo Scratch *não* foi evidenciada nas ExCEC E4 e E5, quando contemplamos variáveis, estruturas condicionais e os comandos de sensores para simular funcionalidades ou atividades nos projetos Meu Primeiro Jogo. Essa diferença percebida sobre o dinamismo dos *feedbacks* do Scratch nos chamou a atenção, levando-nos a buscar por compreensões que nos ajudem a responder a seguinte inquietação: qual o efeito do dinamismo dos *feedbacks* produzidos pelo Scratch sobre o processo de aprendizagem pela construção de significados?

5.6.2 - A importância do *feedback* imediato para um processo de aprendizagem pela construção de significados

Durante as ExCEC E4 e E5 procuramos construir os significados matemáticos e computacionais relacionados à ideia de variáveis, estruturas condicionais e comandos de sensores do Scratch, pois esses conhecimentos surgiram como algo útil para as crianças alcançarem seus propósitos de construir seus jogos digitais. Enquanto o projeto será desenvolvido, a ideia de simulação relacionada a nossa definição de PC emergiu como um conceito que precisava ser desenvolvido, pois os projetos das crianças demandavam por compreensões sobre como simular um sistema real ou imaginário através de um sistema computacional.

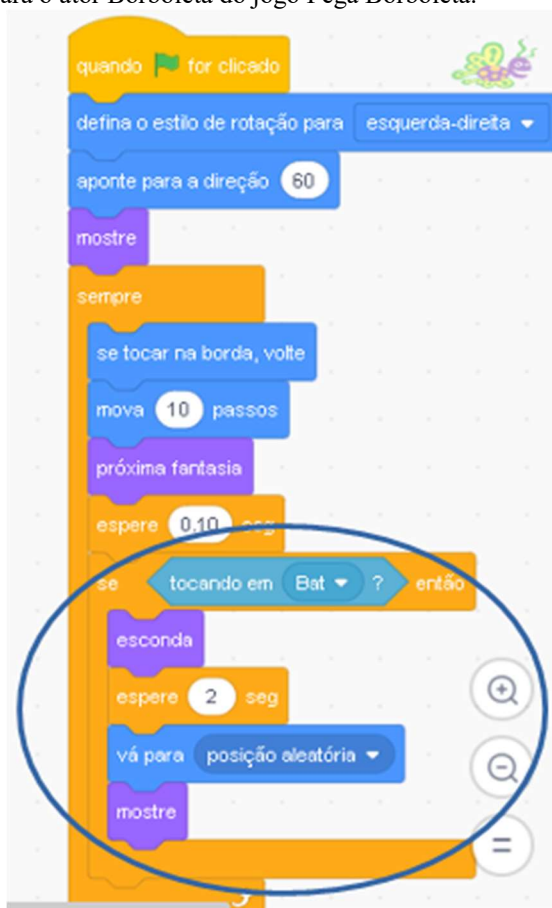
Das histórias de aprendizagem narradas e analisadas em E4 e E5, percebemos que o processo de aprendizagem para a construção de significados dos conceitos envolvidos foi mais lento e árduo, exigindo um esforço maior e mais prolongado por parte das crianças para refletir e compreender os problemas que enfrentavam. A cada desejo que tinham de construir e programar algo, um novo problema surgia, o que exigia delas um processo investigativo para identificar e compreender o conhecimento novo e necessário para construir a solução de seu problema. Foram experiências em que o princípio matemático *Dê-se tempo* mostrou-se essencial para favorecer a aprendizagem pela construção de significados.

Nossas reflexões durante os momentos de pré-análise e planejamento nos levaram a percorrer um percurso mais longo e diverso de experiências, como apresentamos na linha do tempo da Figura 39. Em alguns momentos durante a produção dos dados, deparei-me com um sentimento de incapacidade e frustração, pois como professora parecia não ser capaz de planejar experiências educativas que levassem as crianças a construir seus significados para o

conhecimento alvo das investigações. Até que experimentamos a robótica como possibilidade para tornar essas ideias mais acessíveis às crianças, favorecendo as conexões necessárias entre seu conhecimento corporal e o conhecimento computacional e matemático.

Diante desse cenário permeado por desafios para se ensinar e se aprender, nossa análise sobre os dados nos levaram a um processo de comparação entre os *micromundos* construídos pelas crianças durante suas experiências E₂ e E₃ e os *micromundos* construídos em E₄ e E₅. Percebemos nestes projetos de micromundos diferenças relacionadas aos *feedbacks* emitidos pelo Scratch em cada projeto. Vamos ilustrar nossa análise e discussão através de alguns exemplos. A Figura 52 ilustra o programa construído para modelar o comportamento da borboleta no MMD - recursos de vídeo, que gerou o jogo Pega Borboleta elaborado colaborativamente no dia 12 de agosto.

Figura 52 - Programa construído para o ator Borboleta do jogo Pega Borboleta.



Fonte: elaborada pela autora.

Com o foco na estrutura condicional circulada na Figura 52, perguntamos: Que tipo de resposta recebemos do Scratch ao executar e testar esse bloco do programa? Diferente dos comandos de *movimento* e de *aparência* do Scratch, que ao serem testados produzem *efeitos imediatos* sobre o comportamento ou aparência do ator, efeitos visíveis e perceptíveis aos

sentidos, o comando *Se <tocando em Bat> então* produz algum efeito imediato quando testado? Se a criança clicar sobre esse comando para testá-lo individualmente a fim de investigar sua funcionalidade, qual tipo de *feedback* irá receber?

As crianças já estavam familiarizadas com o sistema dinâmico de respostas do Scratch, e quando queriam explorar as funcionalidades de um comando, o traziam para a área de programação, clicavam sobre ele, manipulam seus argumentos, clicavam novamente, e assim seguiam até construírem suas compreensões para validar ou não o uso do comando como possível solução de seu problema. Quando suas hipóteses falhavam, solicitavam minha ajuda através da mediação questionadora. Ao adotarem esse procedimento exploratório e investigativo para compreender como funcionava o comando *Se/então/senão* não receberam qualquer resposta do sistema, pois ao clicar sobre o comando nada acontecia.

Para ser capaz de perceber uma resposta do sistema à manipulação desse comando, elas primeiro precisam programar todo o bloco, formado pela estrutura condicional, sua condição e o que irá acontecer se a condição for verdadeira ou falsa. Para tanto, a criança precisa construir os significados para cada símbolo (comando) individualmente, no sentido de compreender sua funcionalidade, e compor esses significados para formar um significado para todo o bloco de comandos. Por exemplo, para o programa Pega Borboleta da Figura 52, temos um bloco formado por uma estrutura condicional que pode ser compreendido da seguinte forma: *Se a borboleta tocar no Morcego, então quero que a borboleta esconda, espere por dois segundos escondida, vá para uma posição aleatória no cenário e, por fim, apareça nesta nova posição do cenário.*

Percebemos através deste exemplo que o processo de aprendizagem de uma estrutura condicional pela construção de significados tem natureza composta por contemplar a construção de significados individuais, os quais precisam ser relacionados para construir um significado para toda a sentença formada pela estrutura. Exige da criança diferentes tipos de conhecimentos que precisam ser construídos: a lógica das ações, a convenção de como os comandos funcionam, a tradução da lógica em termos dos comandos, envolvendo um processo de aprendizagem mais complexo que necessita da mediação do professor especialista. Além disso, temos que o simples teste do comando *Se <tocando em Bat> então*, sem incluir os comandos internos à estrutura, não receberá qualquer resposta do sistema, ou seja, ao clicar sobre esse comando nada poderá ser observado pela criança pois o comportamento esperado para o ator se a condição for verdadeira ou falsa precisa também ser programado.

Disso, evidenciamos a natureza *mediata* do *feedback* recebido quando a estrutura condicional *Se/então/senão* é testada, a qual precisa, primeiro, ser composta por diferentes comandos organizados de acordo com uma *lógica formal*, para depois ser testada e produzir algum *feedback* que servirá como material para as observações e reflexões da criança. Esse processo exige que a criança já tenha para si o significado de cada comando que comporá a estrutura, bem como da lógica formal que deve ser aplicada para construir uma estrutura condicional.

Outra evidência da influência da dinâmica do *feedback* para a construção de significados foi encontrada na discussão desenvolvida no dia 30 de setembro com o objetivo de organizar as ideias e conceitos sobre a simulação envolvendo estruturas condicionais e os comandos de sensores. Nesta ocasião, recordamos o sistema sensorial humano formado por cinco sentidos, relacionamos esse conhecimento ao conhecimento sobre sensores de contato utilizados nos projetos e estudamos outros tipos de sensores usando outros recursos robóticos. Num determinado momento, projetei na lousa o programa Tapete para Dança Livre (Figura 51) construído por Paulo e Vitor, para discutirmos essas ideias com a turma. Perguntei a eles:

Luciana: O que faz essa condição, *Se <seta=1> então?*

Paulo: Vê se aquela seta foi pressionada.

Luciana: Se a variável seta for igual a 1, serve para verificar se a seta foi pressionada? Mas a variável seta guarda o que?

Paulo: O número que foi sorteado.

Maria: O número 1.

Luciana: Pode ser o 1, mas também pode ser o 2, ou o 3, ou o 4, pois é um sorteio aleatório, então pode sortear um dos 4 valores. E esse número representa o que?

Paulo: Cada um representa uma seta.

Luciana: Se eu pergunto, Paulo, se a seta for igual a 1? O que eu quero saber?

Paulo: Se a seta que foi sorteada foi a pressionada.

Luciana: Esse teste ainda não é para verificar isso, mas sim para ver se a seta sorteada foi a...?

Vitor: A número 1.

Luciana: Isso. (Risos)

Luciana: É difícil entender condição?

Paulo e Maria: (risos) Um pouquinho!

Luciana: E se eu perguntar isso aqui oh: Se a tecla seta para a direita for pressionada? O que esta condição está verificando?

Paulo e Maria: Se a seta direita foi pressionada.

Luciana: Por que essa condição é mais fácil de entender (*Se <tecla seta para a direita for pressionada> então*) do que esta (*Se <seta = 1> então*), se as duas são condições?

Paulo: Porque a primeira já fala tudo o que tem que fazer.

Luciana: Ela fala tudo o que está acontecendo?

Paulo: É. Fala se está pressionando a tecla.

Luciana: E por que é difícil de perceber que esta condição (*Se <seta = 1> então*) está verificando o número sorteado?

Paulo: Porque não fala o que ele está fazendo.

Maria: Não fala se é a seta para a direita, ou para esquerda...

Paulo: Só mostra o nome da variável e o número.

Luciana: É verdade, não fala que é um sorteio, só mostra a variável e o número. Concordo com vocês. Então, se eu falar assim: “Vê aí se a seta para a direita foi pressionada”, vocês sabem o que tem que fazer?

Paulo: Sim.

Luciana: E se eu falar, “vê aí se a seta é igual a 1”, vocês sabem o que tem que fazer?

Paulo olha para o teclado e diz:

Paulo: Seta igual a 1? (risos) Não sei não.

Luciana: Então qual a direção da seta que é igual a 1? Direita, esquerda, para cima ou para baixo?

Maria: Vai saber (risos).

Percebemos nas respostas das crianças que o “mais fácil de entender” será aquele símbolo (comando) que pode ter seu sentido construído ou apreendido por completo e de maneira *imediata*. Realizamos esta discussão após terminarem seus projetos Meu primeiro jogo. Após apresentarem seus projetos a alguns colegas da Mirim, e a partir das falas das crianças evidenciamos alguns fatos:

1. O significado do condicional *Se <seta para a direita for pressionada> então* se tornara concreto, pois explicaram com clareza de ideias suas compreensões sobre sua funcionalidade e como era usado pelo programa. Elas demonstraram uma apreensão direta do significado desta estrutura, indicando que seu significado se tornara concreto do ponto de vista da aprendizagem.

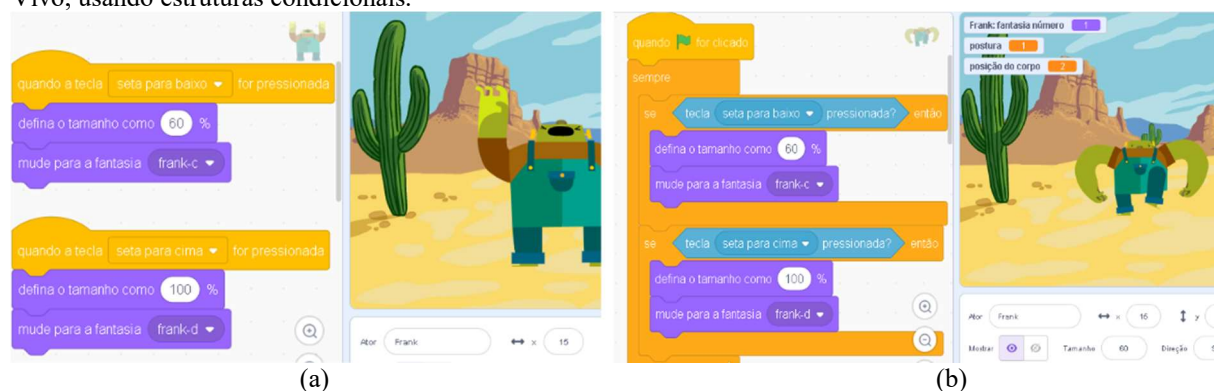
2. O significado de um símbolo (comando) ou uma sentença (programa) depende das conexões entre a experiência em curso e as experiências anteriores. Quando perguntei sobre como entendiam *Se <seta para a direita for pressionada> então*, suas respostas evidenciaram conexões construídas em suas experiências anteriores entre seu conhecimento corporal e o conhecimento sobre os comandos de sensores.
3. Após a construção do bloco *Se <seta para a direita for pressionada> então*, composto pelo comando condicional, sua condição e os comandos internos ao bloco, seu significado se tornou *completo*, de modo que ele “diz tudo o que vai fazer”, e quando testado produzirá resultados imediatos perceptíveis aos sentidos. Isso evidencia nossas afirmações sobre a relação entre o *feedback* imediato e a compreensão pela construção de significados.
4. A estrutura condicional *Se <seta = 1?> então* exige que a criança mobilize seu pensamento reflexivo computacional para desenvolver um processo de abstração lógica para relacionar a variável *seta* a seu significado, o que pode ou não ser um processo de apreensão direta, a depender do quão concreta é essa relação para o aprendiz. Percebemos que para Vitor essa relação se mostrou compreendida. Já Maria e Paulo precisaram empreender um esforço reflexivo para construir ou relembrar essas relações.

Sobre o item 3, destacamos que um bloco condicional só pode responder a um teste do programador quando estiver completamente construído. Apenas neste momento a criança que programa poderá executar e esperar por alguma resposta do Scratch, observar os *feedbacks* recebidos e refletir sobre eles. Isso corrobora nossas afirmações sobre a natureza mediata de uma estrutura condicional, e sobre a influência do dinamismo do *feedback* no processo de aprendizagem pela construção de significados, pois apenas quando este bloco estiver completamente programado e com seu significado completo será capaz de responder com um *feedback* imediato, e fornecer o material intelectual necessário às reflexões do pensamento reflexivo computacional.

Ademais, percebemos que a construção do significado para uma estrutura condicional se tornou possível apenas quando ela se tornou completa, momento em que representa o significado para o qual foi construída. Logo, concluímos que o fato de ser um símbolo (comando) cujo significado precisa ser complementado por outros símbolos (comandos), tornou seu processo de compreensão pela construção de significados mais complexo e lento durante as ExCEC E₄ e E₅. Outras evidências corroboram essa afirmação.

Após jogarmos o jogo Morto ou Vivo com o computador, durante a experiência desenvolvida no dia 2 de setembro, discutimos seus programas com a turma com o objetivo de construirmos o significado da estrutura condicional coletivamente. Construí duas versões para o jogo, apresentadas na Figura 53 (a) e (b). Na primeira versão (a) programei o ator Gigante para “perceber” o evento *Quando a seta para a cima for pressionada*. Na segunda versão (b), programei o Gigante para perceber o “toque” sobre as teclas usando o comando *Se <tecla seta para cima for pressionada?> então*. As falas das crianças revelaram que compreendiam o significado do evento *Quando a seta para a cima for pressionada* porque “estava completo”, ou seja, eram capazes de construir as relações entre o símbolo (comando de evento) e seu significado de modo direto, pois esse evento se apresentava de modo concreto em suas mentes. O mesmo não aconteceu com a condição *Se <tecla seta para cima pressionada?> então*, que precisou ser “desmontada”, decomposta em suas partes constituintes para estudarmos cada uma delas, e assim permitir a construção de significados para cada símbolo (comando) individualmente, e responder a dúvida geral que pairava sobre a turma: “o que eu coloco aqui?”, se referindo à qual condição inserir no comando Se/então/senão.

Figura 53 - (a) Versão 1 do jogo Morto ou Vivo, usando comandos de evento. (b) Versão 2 do jogo Morto ou Vivo, usando estruturas condicionais.



Fonte: elaborada pela autora.

Ainda sobre a ausência de completude de significado para a estrutura Se/então/senão, outro acontecimento evidencia este fato. Na experiência do dia 2 de setembro, enquanto discutíamos o significado da estrutura condicional, perguntei às crianças:

Luciana: Se disser assim a você: Maria, Se...

Maria: Se o que?

Ela prontamente respondeu com uma pergunta, pois desejava que eu completasse a frase. Quando comecei minha fala dizendo: “Maria, se...” Ela logo pensou: “se o que acontecer?” Fiz a mesma brincadeira com o Vitor, o qual me respondeu da mesma forma. Neste

momento perceberam que, diferente de um evento do Scratch que já “diz tudo o que irá acontecer”, uma condição do tipo Se/então/senão precisa ser completada pelo programador, o qual precisa “dizer” qual condição deseja verificar. Nas seções seguintes teceremos as relações entre essas evidências e nossas lentes teóricas com o objetivo de consolidar nossas afirmações.

5.6.3 - A aprendizagem pela construção de significados e a natureza mediata e imediata dos *feedbacks*

Na ExCEC E₅, iniciamos o estudo das estruturas condicionais pela simulação do “toque” entre um morcego e uma borboleta no Scratch no MMD - recursos de vídeo, o que nos leva a perguntar: a ideia de simular um toque possuía alguma conexão com alguma experiência anterior das crianças? Quais *feedbacks* foram percebidos pelas crianças ao manipularem este bloco de comandos? Quais *feedbacks* foram percebidos quando as crianças tentavam construir suas estruturas condicionais para seus jogos manipulando e testando o comando Se/então/senão?

Por outro lado, experiências distintas foram vivenciadas quando estudamos as mesmas estruturas condicionais percebendo, observando e refletindo sobre o que acontecia quando brincamos de Morto ou Vivo com nosso corpo e depois com o computador, quando brincamos de O mestre Mandou com nosso corpo, quando usamos o teclado para controlar os jogos digitais apertando as teclas seta para cima e seta para baixo, e depois utilizando a placa *makey makey* como um sistema robótico para simular o funcionamento de um sistema sensorial de contato. Nestas últimas experiências as respostas às nossas ações percebidas pelas crianças foram diferentes. Os *feedbacks* proporcionaram experiências diferentes com observações diferentes que puderam ser percebidas *imediatamente* pelas crianças, as quais serviram como material para seus pensamentos refletirem sobre o que presenciavam, viabilizando as conexões entre o que já sabiam e o que precisavam compreender.

Enquanto estudávamos as estruturas condicionais enfatizando seus atributos, a sintaxe e semântica do comando e das condições, os significados ainda permaneciam obscuros. Mas as conexões entre esse conhecimento e o conhecimento corporal das crianças favoreceram suas compreensões quando desenvolvemos experiências computacionais, corporais e robóticas numa única ExCEC que proporcionou *feedbacks* imediatos como respostas às ações das crianças. Disso, evidenciamos que o *feedback imediato* favorece a aprendizagem pela construção de significados, uma vez que funciona como resposta imediata às ações das crianças, dando relevo a qualidades e comportamentos que podem ser prontamente percebidos pelos sentidos e alvos de reflexão.

Essas evidências que indicam a influência dos *feedbacks* imediatos sobre o processo de aprendizagem pela construção de significados corroboram as ideias de Dewey, o qual relaciona a observação ao processo reflexivo desenvolvido durante a aprendizagem pela construção de significados afirmando que não “é através dos sentidos, mas por meio da reação, do ajustamento da resposta, que uma impressão reveste um caráter destacado das qualidades que despertam reações diferentes” (DEWEY, 1979, p. 144-145). Isso significa que a criança usa seus sentidos para perceber não as qualidades estáticas de um objeto em estudo, mas para captar as reações de suas ações sobre este objeto. Por exemplo, se *rolar* (ação) um objeto, *percebe* (sentidos) a característica de ele ser redondo pela *reação* do objeto ao movimento de girar; se *atirar* (ação) algo no chão, *percebe* (sentidos) se existe ou não a característica de elasticidade no objeto; se *levantar* (ação) um objeto, *percebe* (sentido) se é leve ou pesado a depender da reação do objeto à força gravitacional (DEWEY, 1979). São, portanto, as reações dos objetos diante da prática da criança que são percebidas pelos sentidos, captadas pela observação e alvos da reflexão.

O contrário acontece quando a experiência da criança ao manipular o objeto investigado não desperta uma reação suficientemente específica para realçar ou distinguir a propriedade em estudo, como por exemplo quando se deseja ensinar crianças pequenas a identificar a cor de objetos. Enquanto manipula e observa um objeto azul ou vermelho, quais reações recebe como resposta e como elas servem para destacar a qualidade da cor? Neste caso temos uma situação que dificulta um *imediato* reconhecimento intelectual das diferenças existentes entre as cores, pois, mesmo que percebidas como diferentes, sua reação a qualquer ação da criança não é tão específica a ponto de ser facilmente discriminada (DEWEY, 1979). Situação similar aconteceu quando as crianças tentavam compreender as estruturas condicionais e os comandos de sensores estudando seus atributos estáticos definidos pela linguagem, tentando compreender como construir uma estrutura condicional atentando-se apenas para as regras sintáticas e semânticas da linguagem de programação.

Outros exemplos podem ser extraídos das aulas tradicionais de matemática: quando um estudante tem dificuldade para classificar uma figura geométrica a partir de suas propriedades, identificar uma função a partir de suas definições, classificar um número a partir do contexto em que é utilizado etc. O estudante sabe e percebe que existem as diferenças, mas qual é um, qual é outro? Para Dewey (1979, p. 145) a “definição do caráter e do significado depende muito menos das variações de forma, tamanho, cor, disposição das partes, do que dos usos, objetivos e funções das coisas e seus elementos”, o que reforça nossas afirmações sobre a influência do *feedback* imediato sobre a aprendizagem pela construção de significados.

Afirmar que a compreensão dos significados presentes numa situação depende dos usos, objetivo e funções dos objetos e de seus elementos nos leva a concluir que a concepção de aprendizagem pela experiência inteligente está fundamentada na ideia de *relacionamento* entre aprendiz e o objeto de estudo, o que difere da abordagem tradicional que foca numa aprendizagem baseada no estudo das propriedades desse objeto. Papert (2008) também discute a abordagem de uma aprendizagem baseada no relacionamento entre aprendiz e conhecimento quando sugere a criação de uma nova disciplina para dar às crianças acesso a um conjunto de ideias poderosas enquanto usam a tecnologia para construir e programar sistemas robóticos para simular comportamentos ou funcionalidades humanas ou imaginárias. Chama essa disciplina de Cibernética para Crianças, cujas ideias serão discutidas dentro do contexto de nossa pesquisa nas seções 5.7 e 5.8

5.7 - Os estilos de programação emergente e exato e suas relações com o *feedback* imediato dentro do contexto da Cibernética para Crianças

No contexto cibernético, o conceito de *feedback* surge nas discussões de Papert (2008) como um dos princípios fundamentais que governam o mundo e o tornam naturalmente imprevisível, não podendo ser completamente controlado. Neste contexto, a nova disciplina Cibernética para Crianças deve contemplar o conceito de *feedback* por ser *mateticamente poderoso*, o que significa ser *apropriável* e *generativo*. *Apropriável* pois é um conceito que aparece numa grande e diversa quantidade de áreas do conhecimento bem como em situações familiares da vida, e por isso viabiliza boas conexões entre o conhecimento científico e conhecimentos já assimilados pelas crianças. *Generativo* ou produtivo por “ser usado para entender muitas situações e algumas de maneiras bastante surpreendentes” (PAPERT, 2008, p. 182). Isso significa que compreendê-lo poderá favorecer a compreensão de muitos conceitos e processos científicos em diversas áreas do conhecimento. Ele aparece, por exemplo, num sistema de termostato utilizado para manter a temperatura ambiente num valor igual ao definido por seu usuário, situação que pode se conectar ao sistema biológico humano que regula a temperatura do corpo humano em aproximadamente 36.5 graus *Celsius*, o que levará os aprendizes a estudar sobre os mecanismos utilizados por nosso sistema corporal para resfriá-lo ou aquecê-lo (PAPERT, 2008).

De fato, a presença do conceito de *feedback* nos projetos desenvolvidos pelas crianças em nossa pesquisa de campo nos levou a estudar como o sistema sensório-motor humano funcionava através de brincadeiras, com o objetivo de construir conexões entre situações familiares que contemplavam seu conhecimento corporal e as situações a serem modeladas e

simuladas em seus jogos digitais. Nessas experiências, as crianças puderam aplicar o princípio matético *Faça parte do micromundo*, estabelecendo um relacionamento mais próximo com o conhecimento objeto do estudo, tornando o processo de aprendizagem mais concreto no sentido de se colocar no lugar dos atores de seus jogos para vivenciarem suas ações, construir seus significados e abstraí-las para a construção dos programas simuladores.

Ao ingressarem no mundo cibernético de Papert (2008), as crianças foram confrontadas por um mundo de incertezas que deveriam ser gerenciadas por seus programas simuladores. Deveriam, assim, migrar da epistemologia tradicional que valoriza o precisamente correto para a epistemologia das incertezas, que considera o “estudo sério dos modos de utilizar, da melhor forma possível, conhecimentos limitados” (PAPERT, 2008, p, 174). Assim o faziam adotando um outro estilo de programação, chamado de programação emergente, interativa ou cibernética, que envolve construir programas cujas decisões são tomadas enquanto é executado, e o programador tem a responsabilidade de considerá-las enquanto constrói o programa. É o contrário do que se faz quando se adota o estilo de programação exata para simular comportamentos baseando-se em cálculos exatos e precisos pré-definidos pelo programador.

A abordagem cibernética assume o conhecimento como impreciso, no sentido de ter que considerar várias possibilidades de situações diferentes, sem, no entanto, ter a certeza se e quando cada uma delas poderá ocorrer. Por isso, exige uma postura diferente da criança que programa, que precisa ser capaz de compreender as diferentes situações que fazem parte do problema a ser modelado e prever como e quando poderão ou não ocorrer. Isso leva a criança a assumir uma epistemologia das incertezas, diferente da epistemologia do exatamente certo ou exatamente errado adotada na escola tradicional. Outro ponto importante se refere à prática de pensar e construir soluções heurísticas para os problemas investigados, o que também entra em conflito com as soluções precisas e exatas culturalmente enraizadas na escola tradicional.

Do discutido, enxergamos possíveis relações entre os estilos de programação discutidos por Papert (2008) e a dinâmica dos *feedbacks* produzidos pelos micromundos computacionais construídos pelas crianças. A *programação exata* produz um tipo de *feedback imediato* baseado em cálculos matemáticos predeterminados pelo programa, por exemplo, *Gire 30 graus à direita, Mova 50 passos, Espere 5 segundos* etc. Ao contrário, a *programação emergente e interativa* precisa considerar as incertezas da situação para tentar prever quais eventos ou estímulos poderão ser recebidos pelo programa, e quando o forem, como deverá responder a eles. Assim, os *feedbacks* serão produzidos pelo programa a depender da ocorrência ou não dos eventos ou estímulos previstos pelo programador, caracterizando sua natureza mediata.

Dessa forma, podemos estabelecer uma relação entre a dinâmica dos *feedbacks* e o estilo de programação, o que nos leva a possíveis compreensões sobre as dificuldades das crianças para construir programas interativos quando desenvolveram seus projetos de jogos digitais nas ExCEC E4 e E5. Elas foram inseridas num contexto cibernético, conforme Papert (2008). Se depararam com uma forma vaga e incerta de conceber o mundo, e tiveram que aprender a gerenciar essas incertezas construindo programas para controlá-las. Para tanto, precisaram compreender o conceito de *feedback* como um princípio que orienta o funcionamento desse mundo cibernético, simulando-o através de estruturas condicionais, comandos de sensores e pela construção de dispositivos robóticos. Além disso, tiveram que compreender, abstrair e modelar os possíveis eventos presentes na situação investigada usando uma linguagem de programação, e só após a construção completa desses blocos de eventos puderam testar suas ideias, receber os *feedbacks* do sistema, refletir sobre eles para validar ou refutar suas hipóteses.

Temos, portanto, na programação interativa um processo mais complexo de aprendizagem pela construção de significados. Um processo que envolve a construção individual de significados e a combinação desses significados para composição dos significados de sentenças que formam os blocos condicionais ou programas completos. Além disso, temos na natureza mediata dessas estruturas um “entrave” ao processo reflexivo aplicado sobre a situação observada, pois os *feedbacks* da máquina só estarão disponíveis como respostas às manipulações das crianças quando o bloco que modela o evento estiver completamente construído.

Assim, acreditamos que a familiaridade com a cultura escolar do *exatamente certo*, unido ao *feedback* imediato produzido como resposta às ações das crianças sobre seus programas exatos favoreceram a aprendizagem pela construção de significados enquanto programavam num estilo exato nas ExCEC E2 e E3, pois estavam engajadas em situações culturalmente familiares e ricas em materiais intelectuais produzidos pelos *feedbacks* imediatos. O contrário aconteceu quando as crianças foram inseridas num micromundo cibernético repleto de incertezas que precisavam ser gerenciadas através de um programa interativo que tomava decisões baseando-se em condições, e não mais em dados certos e precisos. Esse mundo não faz parte da forma de pensar e de aprender da escola tradicional, gerando um sentimento de estranheza e dificuldades para estabelecer as devidas conexões entre as experiências cibernéticas e suas experiências anteriores.

Assumindo essa perspectiva, entendemos que as razões das dificuldades das crianças para compreenderem como construir simuladores para suas ideias utilizando condicionais,

comandos de sensores e variáveis estava na *qualidade* das experiências computacionais desenvolvidas inicialmente em E₅. Embora o Scratch disponibilizasse um meio rico em materiais manipuláveis - seus comandos - as manipulações físicas dos comandos condicionais, de sensores e de variáveis produziam escasso material intelectual para suas reflexões. Escassez resultante da ausência de *feedback* imediato devido à *natureza mediata* desses comandos. Adiciona-se a isso a ausência cultural da abordagem cibernética nas experiências de vida das crianças, que exigia delas outra forma de enxergar o mundo e o conhecimento, diferente da abordagem tradicional que é exata e precisa, levando-as a enfrentar dificuldades para adotar a abordagem interativa e emergente de programação.

A ausência do *feedback* imediato nas experiências desenvolvidas para compreender as estruturas condicionais em função de suas propriedades foi sanada quando planejamos e desenvolvemos experiências educativas em micromundos com recursos corporais, robóticos e computacionais com o objetivo de proporcionar *respostas imediatas* às ações das crianças para favorecer as conexões necessárias entre suas experiências em curso e suas experiências anteriores. Além disso, ampliar as ExCEC para contemplar nos micromundos dispositivos robóticos aproximou as ideias cibernéticas envolvendo o conceito de *feedback* de situações familiares e do conhecimento corporal das crianças. Como resultado, elas puderam construir um relacionamento de proximidade com o conhecimento alvo da aprendizagem, pois tiveram a oportunidade de *Fazer parte do micromundo* para *Fazer as conexões* necessárias entre seus conhecimentos e o que se mostrava como novo. O que nos leva a discutir e aprofundar nossas reflexões sobre quais aspectos das experiências educativas desenvolvidas em E₅ favoreceram a aplicação do princípio *Faça parte do Micromundo*, e como agiu ampliando as possibilidades do *Faça conexões*.

5.8 - A Cibernética e as ideias poderosas da simulação e do *Faça Parte do Micromundo*

Trabalhar com a ideia de *feedback* inseriu as crianças no mundo *cibernético* concebido por Papert (2008) como um contexto que oportuniza a construção de sistemas computacionais para simular comportamentos de humanos, de coisas, ou mesmo de seres imaginários, conforme a criatividade da criança mandar, seguindo uma conotação mais próxima da biológica do que da lógica, pois é uma abordagem focada em simular funções, como por exemplo, como um robô gatinho pode caminhar ao redor de um objeto quadrado, ou circular, usando seus sensores? Ou, quais funções podemos identificar num Tapete para Dança Livre, como o construído por Vitor e Paulo em E₅?

O mundo cibernético surgiu em nossas pesquisas através das demandas das próprias crianças, que tinham como propósitos construir um Jogo Digital interativo. Ao contrário da robótica, que surgiu como possibilidade para tornar acessível ideias que pareciam inacessíveis quando estudadas num micromundo virtual com conotação mais próxima da lógica formal. Assim, inicialmente desenvolvemos experiências computacionais pela construção de programas. Depois, ampliamos nossas experiências para contemplar brincadeiras corporais e a placa *makey makey*, o que favoreceu o processo de aprendizagem pela construção de significados. Essa ampliação de micromundos para contemplar objetos físicos, tangíveis e manipuláveis, possui correspondências com as pesquisas de Papert (2008).

Para tornar a programação acessível a crianças, Papert e colaboradores desenvolveram o Logo. Para tornar a programação acessível a crianças mais jovens, de 9, 10 e 11 anos, desenvolveram a tartaruga mecânica, e para tornar acessível as ideias contempladas num mundo cibernético, desenvolveram os kits LEGO-Logo. Assim, ao mesmo tempo em que ampliavam os recursos tecnológicos disponíveis em seus kits de construção, tornavam acessível um conjunto de ideias poderosas que impactavam a maneira de pensar e de aprender das crianças, assim como evidenciamos em nossa análise. A pergunta que surge é: por que isso aconteceu? Papert (2008) explica.

Ao contemplar os *feedbacks* como parte de um modelo que representa e simula uma situação, podemos atribuir a esse sistema algo parecido a uma *intenção*, propriedade ou capacidade inerentemente humana. Assim, o princípio do *feedback* tem natureza pragmática, podendo ser aplicado para “projetar máquinas que se comportam como se estivessem seguindo objetivos” (PAPERT, 2008, p. 182), parecido com as atividades desenvolvidas racionalmente pelos humanos. Isso favorece um relacionamento mais próximo entre o aprendiz e o conhecimento envolvido em seu projeto, revelando um aspecto de identidade entre seu próprio comportamento e o comportamento a ser simulado (PAPERT, 2008). Foi o que evidenciamos em nossa análise, pois os jogos digitais construídos pelas crianças continham atores que simulavam comportamentos com objetivos específicos: pular uma pedra em movimento, acertar um alvo, “ouvir” e obedecer aos comandos do programa no jogo Morto ou Vivo, perceber e responder aos estímulos recebidos do Tapete para Dança Livre. Para Papert (2008), construir sistemas que se assemelham aos seres humanos no sentido de simular suas funcionalidades ou capacidade de tomada de decisão vai além de instigar a curiosidade, imaginação e inventividade das crianças, pois “fazê-las é uma forma fascinante de envolver-se com um significativo corpo de conhecimento” (PAPERT, 2008, p. 182).

Construir um mundo cibernético programando dispositivos robóticos também proporcionou às crianças *um mundo cibernético que fosse delas*, e não mais um mundo cibernético da pesquisadora ou da professora, de modo que puderam construir o que seus sonhos, desejos e imaginação mandavam. Foi o que aconteceu quando Vitor e Paulo se uniram através de um gosto musical comum para construírem seu Tapete para Dança Livre utilizando papelão, materiais de papelaria e a placa *makey makey*. Foi assim que Kimberly e Maria Ana tiveram a oportunidade de construírem seus jogos controlados por um controle feito com massinha de modelar, papel alumínio e placa *makey makey*. Essa abordagem impacta o relacionamento entre crianças e o conhecimento científico, entre aprendiz e a tecnologia, pois ao “servir aos objetivos das crianças, a ciência e a tecnologia tornaram-se muito mais profundamente pertencentes a elas” (PAPERT, 2008, p. 172).

Acreditamos que fazer uso de recursos robóticos em nossas experiências estendeu o micromundo contemplando recursos palpáveis, manipuláveis fisicamente, permitindo às crianças mobilizar seu pensamento concreto, no sentido de se colocar no lugar dos atores que estavam programando para se imaginar dentro de seus jogos e serem capazes de compreender como seus comportamentos funcionavam e como poderiam simulá-los. Esse novo relacionamento proporcionado pela mobilização do pensamento concreto e do princípio *Faça parte do micromundo* foi essencial para favorecer a aprendizagem pela construção de significados para Paulo, Maria Ana e Kimberly, assim como aconteceu com Vitor em suas experiências envolvendo apenas a programação. Quando pediu minha ajuda para compreender as estruturas condicionais e a ideia de simulação, assim Vitor expressou seus problemas: como eu faço para...? (Figuras 40, 41 e 44), evidenciando um relacionamento diferente entre si e o conhecimento que pretendia compreender. Diferente da maneira que seus colegas formulavam suas dúvidas relacionadas aos comandos condicionais: “o que eu coloco aqui?”. Vitor foi capaz de estabelecer um relacionamento mais próximo, como se fizesse parte de seu jogo, e ocupando o lugar dos atores estivesse pensando: se eu estivesse lá, como resolveria esse problema? Vitor, e mais tarde seus colegas, tiveram “acesso a um estilo de raciocínio que lhes permitiu imaginar a si mesmas ‘dentro do sistema’. Elas usaram um relacionamento com as engrenagens [tecnologia] para ajudá-las a solucionar um problema” (PAPERT, 2008, p. 185).

Simular comportamentos, atividades ou funções de seres humanos ou imaginários, *simulando* nas máquinas a capacidade de tomada de decisão de um ser humano, trouxe um sentimento de identificação entre si e os objetos programados. Levou-as a ingressar em seu próprio micromundo ocupando o lugar dos atores de seus jogos. Ao fazerem isso, aplicaram o

princípio matético *Faça parte do Micromundo* para enxergar as coisas “do lado de dentro” de seus jogos, como se deles fizessem parte. Como resultado, construíram um relacionamento diferente entre si e o conhecimento alvo da aprendizagem. O que antes era estudado em função de suas propriedades estáticas, agora era compreendido em função de seus usos para alcançar objetivos pessoais. Isso permitiu-lhes estabelecer novas conexões entre suas experiências anteriores e as experiências em curso, e conexões entre seus conhecimentos e os novos conhecimentos alvos da aprendizagem. Logo, aplicar o princípio *Faça parte do Micromundo* favoreceu o *Faça conexões* para um processo de aprendizagem pela construção de significados através de experiências pessoais.

Esse é o estilo de aprendizagem focado em *relacionamentos*, e não no estudo de propriedades. E nossa análise sobre as aprendizagens desenvolvidas pelas crianças no leva a corroborar as afirmações de Papert (2008), que conclui que “as crianças que apresentaram bom desempenho não têm regras melhores, mas uma tendência a ver as coisas em termos de relacionamentos em vez de propriedades. Elas tiveram acesso a um estilo de raciocínio que lhes permitiu imaginar a si mesmas ‘dentro do sistema’” (PAPERT, 2008, p. 185).

Acreditamos que ampliar as ExCEC para contemplar experiências robóticas deu às crianças a oportunidade para desenvolverem a ideia de simulação relacionada à nossa concepção de pensamento computacional, provocando nelas um sentimento de pertencimento, pois evidenciamos não apenas um maior engajamento, disposição e entusiasmo para continuar a desenvolver os projetos e enfrentar os problemas que ainda persistiam, mas também uma apropriação dos novos recursos e novos conhecimentos como uma extensão de algo que já lhes pertenciam, o que favoreceu a aprendizagem do novo pela construção de novos significados. Tiveram a oportunidade de desenvolver atividades familiares - como brincar de Morto ou Vivo e de O Mestre Mandou - em outros contextos usando outros recursos, enquanto usavam o computador e a robótica para simular e automatizar essas e outras atividades, resultando num tipo de relacionamento diferente entre elas e o conhecimento envolvido nos projetos. Um relacionamento mais próximo e pessoal. Assim, temos evidências de que a aplicação do princípio *Faça parte do micromundo* favorece a compreensão do conceito de simulação, favorecendo também a aplicação do princípio *Faça conexões*, impactando a aprendizagem pela construção de significados através de experiências pessoais.

5.9 - *Feedback* imediato e suas relações com os princípios do *continuum* e da interação de uma experiência educativa

Nossas reflexões e conclusões sobre a influência do *feedback* imediato sobre o processo de aprendizagem pela construção de significados nos levam a outro tema que merece destaque em nossa análise: qual o potencial das tecnologias digitais para desenvolver experiências educativas em micromundos que oportunizam a aprendizagem pela construção de significados matemáticos? Nossa análise sobre os dados produzidos nos levam a compreensões em torno dessa questão que relacionam o *feedback* imediato aos dois princípios fundamentais de uma experiência educativa: os princípios do *continuum* experiencial e da interação.

Evidenciamos nas ExCEC a influência e ao mesmo tempo o potencial dos *feedbacks* imediatos para favorecer a aprendizagem pela construção de significados, servindo como material para as reflexões desenvolvidas pelo PRC dos aprendizes. Material este utilizado pelos processos de pensamento desenvolvidos pelo pensamento reflexivo computacional enfatizados em nossa pesquisa: análise, síntese, abstração, generalização, reconhecimento de padrões, construção de algoritmos, paralelismo, modularização, decomposição e composição, simulação, automação, entre outros.

Os *feedbacks* imediatos utilizados pelo PRC serviram para favorecer as conexões necessárias entre a experiência em curso e as experiências anteriores das crianças. Isso significa que ao perceberem algo familiar em sua experiência em curso, a *conectavam* a alguma experiência anterior para resgatar de seu arsenal intelectual algum conhecimento relacionado à situação problemática que poderia ser aplicado para compreendê-la e resolvê-la. Isso aconteceu, por exemplo, em muitas das ExCEC de Paulo, em que foi capaz de construir um significado para o que presenciava através das conexões que estabelecia com suas experiências e conhecimentos anteriores. Dessa forma, concluímos que os *feedbacks* imediatos são materiais essenciais para a aplicação do princípio do *continuum* em um processo de aprendizagem pela experiência, em que uma determinada experiência é influenciada por uma ou mais experiências anteriores, e ao mesmo tempo influencia experiências futuras.

Tendo em vista que os *feedbacks* imediatos surgem como resposta às ações das crianças sobre os objetos em seu micromundo, percebemos sua estreita relação com o princípio da interação de uma experiência educativa, o qual preconiza a existência de uma relação de equilíbrio entre as condições objetivas e subjetivas em uma situação, ou seja, quando condições objetivas e aquelas internas ao sujeito que aprende interagem para construir uma experiência válida. Cada micromundo computacional construído pelas crianças incluiu as condições

externas ao sujeito e proporcionou a interação entre elas e suas necessidades, desejos, aptidões e propósitos. Assim, evidenciamos o desenvolvimento de uma experiência pois um processo interativo estava acontecendo entre a criança e seu ambiente.

Nas ExCEC em que os *feedbacks* possuíam natureza imediata, percebemos que essa relação de equilíbrio foi atendida, pois o micromundo construído proporcionou as interações necessárias entre ação e desejo, ação e observação, ação e pensamento, ação e propósito, de modo que o meio viabilizou um processo investigativo formado por ação-reação-observação-reflexão-conclusão. Os *feedbacks* imediatos favoreceram um processo investigativo com característica de continuidade, pois as respostas percebidas alimentavam a reflexão e a investigação rumo ao cumprimento de um propósito. O contrário acontecia quando os *feedbacks* possuíam natureza mediata, pois o processo ação-reação-observação-reflexão-conclusão ficou impedido de ser desenvolvido pela ausência de uma resposta imediata que pudesse ser observada para servir como material para a reflexão. Nestas situações, precisamos *replanejar os micromundos* para contemplar recursos que proporcionassem *feedbacks* imediatos para as ações das crianças, como os micromundos que fizeram uso dos dispositivos robóticos, por exemplo.

Diante dessas evidências, concluímos que a dinâmica dos *feedbacks* interfere na qualidade de uma experiência educativa, à medida que podem ou não viabilizar a aplicação de seus dois princípios fundamentais, pois a articulação ativa entre os princípios da interação e continuidade garantem o valor educativo da experiência, de modo que só é educativa a experiência que satisfaz essa integração (DEWEY, 1976). Com isso em mente, retomamos nossa inquietação inicial: qual o potencial das tecnologias digitais para desenvolver experiências educativas em micromundos computacionais que oportunizam a aprendizagem pela construção de significados matemáticos?

Podemos iniciar a construção de possíveis respostas refletindo sobre como eram construídas as experiências à época de Dewey. Em sua escola de aplicação em Chicago, chamada de Escola Laboratório, desenvolveu os chamados ofícios, em que as crianças tinham a oportunidade de desenvolver projetos de natureza educativa, ou seja, projetos que atendiam aos preceitos de sua filosofia da experiência. Esses projetos consistiam, muitas vezes, em simular o trabalho dos adultos:

[...] carpintarias, tecelagem, cozinha e construção de velas. Era ainda recomendado que houvesse tempo para jardinagem, costura, passeios pela natureza e visitas pelas vizinhanças. Tudo isto, não porque Dewey defendesse que as crianças devessem em adultos vir a ter qualquer uma destas profissões mas, porque defendia a necessidade de aquisição de conhecimento factual, ou seja, a aquisição de conhecimentos pela prática. (UNIVERSIDADE DE LISBOA, [s.d.]).

Para Anísio Teixeira, numa Escola Laboratório a vida seguia movida pela alegria e diversão, dando aos alunos a liberdade para conversar, planejar, trabalhar, formar clubes e debater ideias. *Tudo que integra a cidade ou sua vida cotidiana poderia ser algo para despertar-lhes o interesse*: a luz elétrica, linhas de bonde, corpo de bombeiros, correios, tendo a chance de aliar os “*recursos técnicos dos nossos dias* com a imprecisão das capacidades infantis” (TEIXEIRA, 1933, p. 56, grifo nosso).

Dessa forma percebemos que Dewey concebia suas experiências educativas como projetos capazes de superar a separação entre conhecimento teórico e atividade prática, resultando numa articulação entre o conhecimento escolar e a vida social para a elaboração dos problemas investigados, os quais surgiam permeando os projetos concebidos conforme os *interesses individuais ou coletivos dos envolvidos*. Interesses esses que surgiam como fruto de uma vida social ativa e participativa, de sua integração social na escola ou fora dela. Projetos que faziam uso dos *recursos técnicos disponíveis em seus dias*. Seguindo essa abordagem, podemos nos perguntar: quais seriam os interesses atuais de nossas crianças? Quais recursos técnicos estão disponíveis e lhes são familiares?

No contexto de nossa pesquisa, entendemos que as tecnologias digitais podem ser importantes recursos com potencial tanto para despertar o interesse das crianças para desenvolver projetos de interesse pessoal, quanto para viabilizar a construção de experiências de natureza educativa. As ExCEC desenvolvidas e analisadas evidenciam possibilidades para desenvolver experiências educativas através da construção de micromundos computacionais e robóticos em ambientes de programação, em que as crianças têm a oportunidade e a liberdade de *eleger temas de seu interesse*, definir propósitos, engajar-se num processo investigativo orientado pelo pensamento reflexivo computacional, formular e resolver problemas, ter contato com uma diversidade de conhecimentos científicos e tecnológicos alvos de aprendizagem pela construção de significados. Adiciona-se a isso o potencial para construir e utilizar recursos digitais que fornecem *feedbacks* imediatos como respostas às ações das crianças, favorecendo e ampliando as possibilidades para a construção de experiências educativas pela aplicação dos princípios do *continuum* e da interação.

Dessa forma, acreditamos que as Experiências Computacionais Educativas Construcionistas desenvolvidas em ambientes de programação que fornecem *feedbacks* imediatos como respostas às manipulações dos aprendizes consistem em possibilidades atuais de se desenvolver um processo de aprendizagem de matemática pela experiência educativa que acontece através da construção de significados matemáticos e computacionais pela mobilização

do pensamento reflexivo computacional da criança. São, portanto, possibilidades que atualizam e ao mesmo tempo ampliam as ideias de Dewey para uma educação pela experiência, levando-se em consideração as sociedades atuais, com suas demandas e potencialidades. Tais conclusões que relacionam o potencial das tecnologias digitais de produzir *feedback* imediato ao processo de aprendizagem pela construção de significados através de experiências pessoais inteligentes nos levam a refletir e reformular nossa concepção sobre pensamento computacional, o que será discutido na seção 5.10 a seguir.

5.10 - As implicações do *feedback* imediato sobre nossa compreensão de pensamento computacional

Na seção 4.6.1 apresentamos nossas compreensões sobre o pensamento computacional, definido para os propósitos de nossa pesquisa como um estilo de pensamento aplicado para forjar e desenvolver ideias, sendo orientado por um processo lógico e sistemático de pensamento que faz uso de diversas estratégias de pensamento como coleta, análise e síntese de dados, decomposição e composição, abstração, modularização, reconhecimento de padrões, generalização, com o objetivo de melhor compreender, formular, representar e solucionar problemas provenientes de diversas áreas do conhecimento, com vistas a aprender a pensar e aprender a aprender.

Tais estratégias de pensamento são comuns a outros estilos de pensamento como, por exemplo, o pensamento matemático mobilizado e desenvolvido durante a construção de conhecimento matemático fazendo uso de mídias tradicionais e não dinâmicas, no sentido de não serem capazes de representar e executar essa representação de pensamentos. São exemplos dessas mídias o lápis e o papel, que embora possam ser utilizados para representar os pensamentos através de símbolos gráficos carregados de significados e ideias matemáticas, não são capazes de construir uma representação com a propriedade da modelagem dinâmica, necessária para executar essa representação e produzir resultados como resposta à execução.

Evidenciamos em nossa análise que as tecnologias digitais, sobretudo aquelas utilizadas para a construção de micromundos computacionais voltados à programação de computadores, viabilizam a mobilização de outras estratégias de pensamento também contempladas em nossa definição inicial de PC: *automação, paralelismo, simulação, debugging, e pensamento algorítmico*. Percebemos ser possível se apropriar do poder computacional das máquinas para estender nossa capacidade humana de pensar, representar e aplicar estratégias de pensamento já mobilizadas por outros estilos de pensamento (como o matemático), nos levando a ampliar as possibilidades para mobilizar o pensamento computacional em função de alguns conceitos

relacionados à Ciência da Computação, para tirar proveito das possíveis relações entre o aprendiz e a máquina através da programação com o objetivo de desenvolver processos de aprendizagem de matemática pela construção de significados durante as ExCEC.

De fato, evidenciamos em nossa análise a mobilização e desenvolvimento das estratégias de pensamento correlacionadas à nossa definição inicial para o pensamento computacional. No entanto, percebemos algo para além delas: *o poder de ação do feedback sobre o processo reflexivo empreendido para a construção de significados matemáticos e computacionais durante a compreensão e resolução de situações problemáticas.*

Considerando que o processo de aprendizagem que acontece durante uma ExCEC é norteado por um processo reflexivo que sofre a ação do pensamento computacional, precisamos atualizar nossa concepção inicial de PC para contemplar a propriedade de *modelagem dinâmica*, aqui entendida como o potencial para construir e representar modelos sobre a maneira como alguém compreende e resolve determinado problema, sendo possível também executar, experimentar e testar o modelo representado para produzir respostas de acordo com a forma de pensar e representar a solução desse problema. A modelagem dinâmica viabiliza um processo investigativo desenvolvido pela experimentação de ideias e hipóteses sugeridas como candidatas à solução dos problemas estudados. A experimentação acontece através da manipulação direta das abstrações construídas pelas crianças, as quais, graças às tecnologias digitais, tornam-se concretas e acessíveis para serem manipuladas e alvos de reflexão. Percebemos, então, que o *feedback* está presente na propriedade da modelagem dinâmica, sendo responsável pelas repostas emitidas pelo sistema computacional durante a execução do modelo construído.

Em nossa análise sobre os dados evidenciamos que construir um programa usando uma linguagem de programação implica construir compreensões sobre um determinado problema e representá-las através de um estilo de pensamento algorítmico que pode ser automatizado e executado por um computador, o qual produzirá respostas à execução a depender da forma como pensamos e modelamos nossa solução. Essas respostas foram alvos de reflexão por parte da criança que programava, servindo como material para seu processo investigativo que envolvia a construção e validação de hipóteses. Logo, o *feedback* produzido pela execução dos modelos (programas) dinâmicos construídos pelas crianças alimentaram seu processo reflexivo orientado pelo PRC, o qual deve, portanto, ter sua definição de *pensamento computacional atualizada para contemplar a propriedade de modelagem dinâmica* ao rol de estratégias de pensamentos relacionadas aos conceitos da Ciência da Computação. Dessa forma, temos que o

PC mobilizado durante a um processo de aprendizagem pela construção de significados durante as ExCEC pode ser assim definido:

Um estilo de pensamento aplicado para forjar e desenvolver ideias, sendo orientado por um processo lógico e sistemático de pensamento que faz uso do poder computacional de uma máquina para estender a capacidade humana de mobilizar suas estratégias de pensamento para coletar, analisar e sintetizar dados, e aplicar a decomposição e composição, abstração, modularização, reconhecimento de padrões e generalização, com o objetivo de melhor compreender, formular, representar e solucionar problemas provenientes de diversas áreas do conhecimento, com vistas a aprender a pensar e aprender a aprender. Um estilo de pensamento que mobiliza estratégias de pensamento relacionadas à Ciência da Computação - automação, paralelismo, simulação, debugging, pensamento algorítmico e modelagem dinâmica - para tirar proveito das possíveis relações entre o aprendiz e a máquina através da programação, abrindo as portas para uma abordagem de aprendizagem que segue o modelo de “pensar com” e “aprender com” o computador.

5.11 - O feedback imediato e suas relações com o pensamento matemático formal

Nossa análise sobre os dados produzidos e suas relações com os pressupostos teóricos assumidos por nossa pesquisa nos levaram a uma perspectiva de aprendizagem pela construção de significados que acontece quando se mobiliza o PRC para se compreender e resolver situações problemáticas, o que envolve o engajamento numa atividade prática motivada por um propósito, pois a compreensão do novo deve acontecer num contexto. Assim, a compreensão de ideias matemáticas para a construção de conceitos matemáticos formais acontece durante o desenvolvimento de um projeto para alcançar um propósito pessoal, o que no contexto de nossa pesquisa significa desenvolver as ExCEC em um micromundo computacional no Scratch.

Nestes micromundos, pensamento concreto e pensamento abstrato são mobilizados para orientar as manipulações físicas e mentais da criança enquanto age e pensa sobre os resultados de suas ações, de modo que as manipulações físicas servem como suporte concreto para as manipulações mentais (PAPERT, 2008). Disso, temos que o fazer e o pensar matemático da criança acontece num contínuo, sem discriminar o que é ação e o que é pensamento, ou o que é pensamento concreto e o que é pensamento abstrato (PAPERT, 2008).

Paralelamente a isso, temos um alvo a ser alcançado: desenvolver na criança o gosto e a competência de desenvolver seu pensamento abstrato para compreender e resolver situações problemáticas num contexto formal, puramente matemático, tendo apenas as ideias e os conceitos matemáticos como material intelectual para ser manipulado e alvo de reflexão

(DEWEY, 1979). No contexto de nossa pesquisa significa desenvolver o pensamento formal sobre o resultado do pensamento reflexivo computacional para representar formalmente e matematicamente as conclusões construídas (DEWEY, 1979).

Dessa forma, como nossa pesquisa pode entrelaçar as perspectivas de Dewey e Papert para o pensamento concreto e pensamento abstrato de modo que suas concepções se coadunem para gerar nossa compreensão sobre como agem e são mobilizados os dois estilos de pensamento para orientar um processo de aprendizagem de matemática pela construção de significados que acontece num micromundo computacional? Para nós, a resposta se constrói a partir da relação que se pode tecer entre os dois estilos de pensamento quando o aprendiz manipula e pensa em ideias e conceitos matemáticos engajado num micromundo computacional que possui a propriedade do *feedback* imediato.

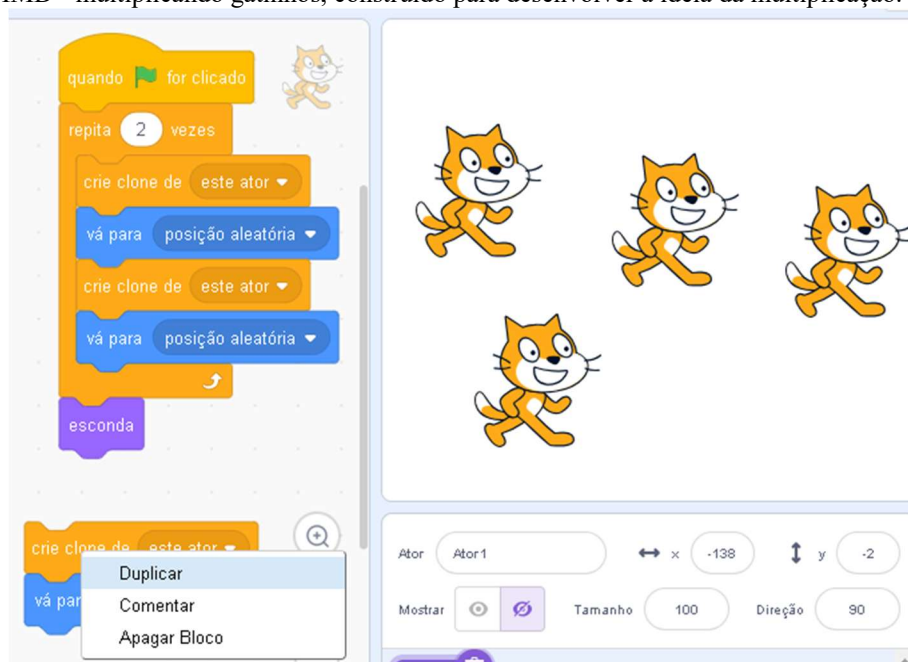
Uma questão norteadora para direcionar nossa discussão seria: como manipular e refletir sobre ideias e conceitos matemáticos num micromundo computacional? Procuramos possíveis respostas analisando algumas experiências computacionais desenvolvidas no dia 18 de novembro, quando Paulo e Maria Ana pediram minha ajuda para “estudar para a prova de matemática”. Eles estudavam na mesma turma, na mesma escola, e me disseram que teriam prova de matemática na semana seguinte sobre as operações aritméticas de multiplicação e divisão. Disseram que não sabiam fazer essas “continhas”. Mesmo não fazendo parte do planejamento para este encontro, não poderia ignorar suas “necessidades” imediatas de aprendizagem. Então, sugeri estudarmos essas operações programando algo no Scratch.

Construí um MMD naquele momento e compartilhei com eles. O objetivo foi fornecer um material manipulativo dinâmico para explorar e investigar as ideias fundamentais da multiplicação. Começamos investigando como poderíamos compreender a ideia da multiplicação através de somas sucessivas de parcelas iguais. Para tanto, exploramos o MMD Multiplicando Gatinhos, em que construí um micromundo para multiplicar a quantidade de gatinhos no cenário utilizando a estrutura de repetição *Repita x vezes* e o comando *Crie um clone de < algum ator? >* para criar clones do ator gato. Apresentei a eles o comando *Crie clones de < algum ator? >*, que cria um clone para *algum ator* com as mesmas características do ator original e o mostra no cenário. Eles deveriam usá-lo para multiplicar a quantidade de gatinhos no cenário, de acordo com sua criatividade. A Figura 54 apresenta o MMD Multiplicando Gatinhos.

Para manipular o MMD, Paulo e Maria deveriam alterar dois possíveis valores: o argumento do comando *Repita*, ou a quantidade de comandos *Crie um clone de < algum ator? >*

inserido dentro da estrutura Repita, conforme mostra a Figura 54. A cada alteração, discutíamos o que estava acontecendo, o que observavam, e como compreendiam suas observações. Fomos organizando as ideias na lousa, levando-os a perceber, através da mediação questionadora, que a quantidade de gatinhos no cenário dependia desses dois valores. Realizamos diversas explorações, por exemplo: Repita 2 vezes a criação de 2 clones, totalizando 4 clones; Repita 3 vezes a criação de 2 clones; totalizando 6 clones; Repita 4 vezes a criação de 2 clones, totalizando 8 clones, e assim sucessivamente. Após a geração dos clones no cenário, eles manipulavam os gatinhos com o *mouse*, trocando-os de lugar para realizar a contagem e verificar a quantidade total.

Figura 54 - MMD - multiplicando gatinhos, construído para desenvolver a ideia da multiplicação.



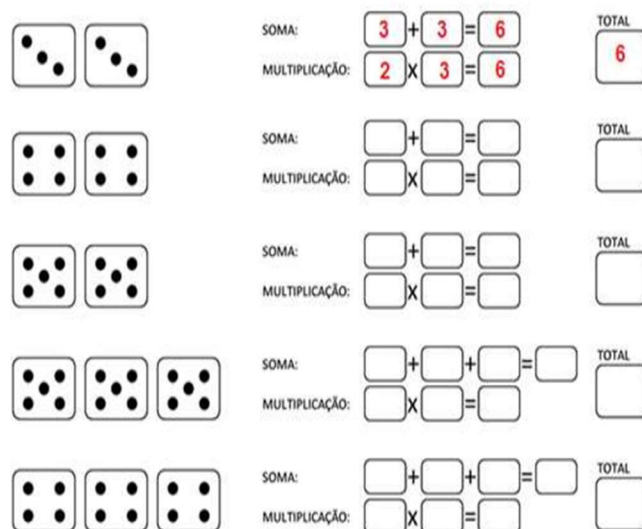
Fonte: elaborada pela autora.

Alteramos a quantidade de comandos para criar clones no interior da estrutura para 3 e repetimos o mesmo procedimento. Depois alteramos para 4, para 5, e assim por diante. Nosso objetivo foi levá-los a *reconhecer o padrão* da multiplicação através de somas sucessivas de parcelas iguais usando o MMD como suporte para as manipulações físicas e mentais das crianças. Por exemplo, $2 \times 2 = 4$ equivale a fazer uma soma em que o número 2 aparece duas vezes ($2 + 2 = 4$); $2 \times 3 = 6$ equivale a fazer uma soma em que o número 2 aparece 3 vezes ($2 + 2 + 2 = 6$), ou $2 \times 4 = 8$ equivale a fazer uma soma em que o número 2 aparece 4 vezes ($2 + 2 + 2 + 2 = 8$). No contexto do micromundo Multiplicando Gatinhos, estas operações de multiplicação são assim representadas: o número 2 representa a quantidade de comandos para criar um clone no interior da estrutura de repetição, enquanto os números 2, 3, 4 etc,

representam os fatores multiplicativos indicados pelo argumento do comando *Repita*, conforme mostra a Figura 54.

Na lousa, registramos as mesmas situações exploradas no Scratch através de desenhos, com o objetivo de organizar os objetos a serem somados em conjuntos, como mostra a Figura 55. Pensamos em como poderíamos generalizar a ideia da multiplicação através da soma usando esses diagramas como recursos, confrontando os resultados das adições com os resultados das multiplicações.

Figura 55 - Diagramas de conjunto para organizar e representar a ideia da multiplicação como uma soma sucessiva de parcelas iguais.

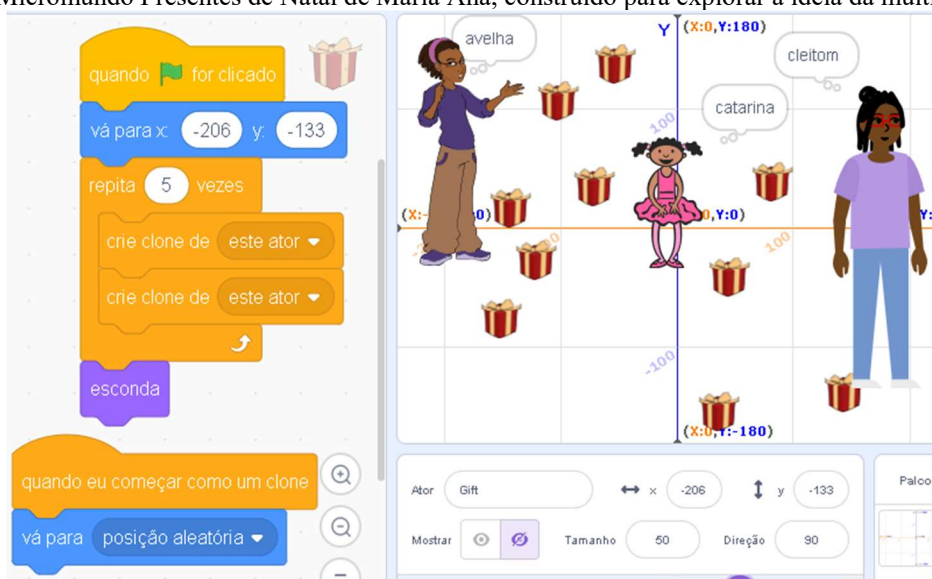


Fonte: elaborada pela autora

As crianças logo perceberam o padrão. Perceberam que os resultados das somas e de sua respectiva multiplicação eram equivalentes. E foram além: reconheceram nos resultados o padrão utilizado para representar a Tabuada. Dessa forma, acabamos por construir algumas tabuadas utilizando o micromundo no Scratch e os diagramas de conjunto.

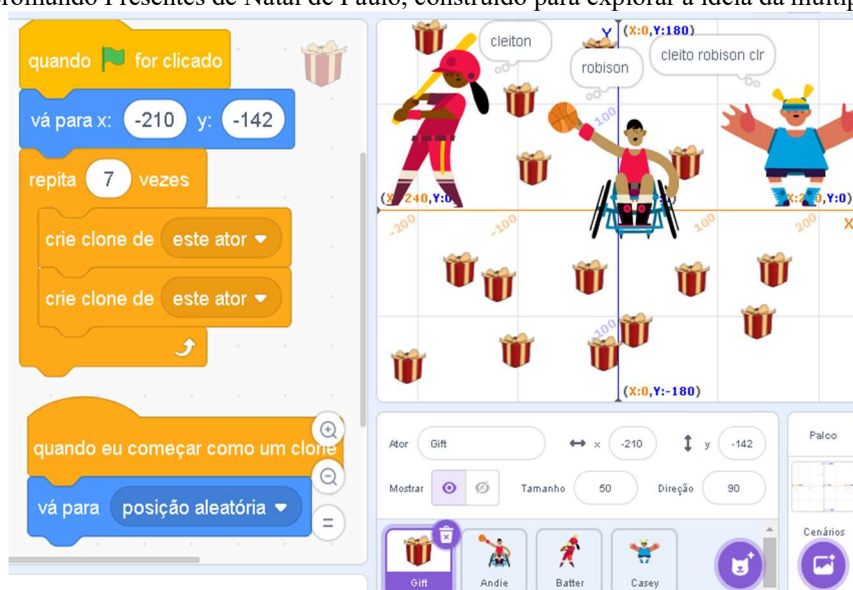
Como estávamos próximos do Natal, perguntei a eles: “quem gosta de ganhar presentes no Natal?” Eles sorriram e se animaram, respondendo que gostavam. Então disse: “imaginem um mundo cheio de crianças que amam ganhar presentes de Natal. Vamos criar um mundo no Scratch com muitos presentes e algumas crianças que vão ganhá-los?”. Assim, os desafiei a aplicar as ideias desenvolvidas para criar o micromundo Presentes de Natal. As Figuras 56 e 57 apresentam os projetos desenvolvidos por Maria e Paulo, respectivamente.

Figura 56 - Micromundo Presentes de Natal de Maria Ana, construído para explorar a ideia da multiplicação.



Fonte: elaborada pela autora.

Figura 57 - Micromundo Presentes de Natal de Paulo, construído para explorar a ideia da multiplicação.



Fonte: elaborada pela autora.

Pedi que continuassem suas explorações neste novo projeto no Scratch, alterando o argumento numérico do Repita, alterando a quantidade de comandos para criar um clone, e refletindo sobre a relação entre esses valores e o resultado total de clones criados. Percebi também que faziam uma espécie de confronto entre o *feedback* do Scratch e seus cálculos de multiplicação usando seus dedos da mão como suporte. Quando perguntei o que estavam fazendo com seus dedos, Maria me respondeu: “estou calculando a tabuada usando minha mão. Eu não sabia que podia usar os dedos para calcular a tabuada”.

Maria e Paulo fizeram várias descobertas matemáticas nestas experiências: desenvolveram a *ideia da multiplicação* em função da soma de parcelas iguais; perceberam que

o Scratch *automatizou* essa ideia utilizando o comando Repita e o comando para criar clones; perceberam que suas *manipulações físicas* utilizando o Scratch, desenhos ou seus dedos suportavam suas *manipulações mentais*, servindo como material manipulável para *concretizar seus pensamentos*, de modo que organizar suas ações as levou a também organizar suas ideias; perceberam que a ideia da multiplicação permanece a mesma independente do material manipulado, levando-as a *reconhecer um padrão* e a *generalizar* essa ideia; *redescobriram* a tabuada como algo *significativo*, que serve para *representar* uma ideia matemática construída pela própria criança dentro de um contexto.

Maria e Paulo construíram seus próprios significados para a ideia da multiplicação. Eles encararam o desafio de explorar o MMD como se estivessem num jogo, pois quando sugeri a eles como poderiam manipulá-lo, eles disseram: “ahh, entendi como joga esse joguinho (risos)”. E como se estivessem brincando, mexeram no código, observaram o resultado de suas ações, refletiram sobre o que percebiam, e construíram suas próprias ideias matemáticas. Partimos de suas compreensões, de suas intuições para organizarmos essas ideias rumo à conceitualização da operação da multiplicação, de modo que evidenciamos neste processo o movimento Matemático-PC de Paulo e Maria para construírem esse conceito matemático.

Nesta experiência, construímos um micromundo computacional como suporte concreto para manipular ideias matemáticas puras. Nosso propósito era compreender e construir a ideia da multiplicação, estudar a matemática pela matemática. Logo, mobilizamos e desenvolvemos nosso pensamento reflexivo computacional do *tipo abstrato* durante nossa experiência educativa para alcançar o propósito de compreender e construir o conceito da multiplicação. Também, mobilizamos nosso pensamento reflexivo computacional *concreto e abstrato* durante nossas manipulações físicas e mentais para agir e refletir sobre os resultados de nossas ações. Logo, nossa análise nos leva a concluir ser possível desenvolver uma experiência educativa num micromundo computacional construído no Scratch com o propósito específico de compreender e construir conceitos matemáticos puros. E neste processo, definimos como propósito construir ideias e conceitos formais da matemática, desenvolvendo e mobilizando nosso pensamento reflexivo computacional do tipo concreto e abstrato num processo contínuo e sem emendas em que ação e reflexão corroboram a aprendizagem matemática.

Além disso, destacamos o papel do *feedback* imediato do Scratch como elemento que favoreceu a compreensão das ideias matemáticas formais. Paulo e Maria manipularam seus programas e receberam os *feedbacks* de suas manipulações *imediatamente*. Observaram e refletiram sobre essas respostas, utilizaram-nas como material para forjar suas próprias ideias,

para reconhecer um padrão de respostas, para formular e generalizar um padrão de pensamento. As discussões na lousa serviram para organizar e representar as ideias já construídas, utilizando outros símbolos, outra linguagem mais próxima da linguagem matemática pura. Dessa forma, reafirmamos o potencial do *feedback imediato* em uma experiência educativa, mas agora para gerar material intelectual para alcançar um propósito orientado pelo pensamento abstrato, mobilizado para construir significados matemáticos em uma experiência computacional desenvolvida para o propósito específico de se fazer e compreender o formalismo matemático.

Assim, nossa perspectiva de aprendizagem de matemática num micromundo computacional se apropria da concepção de Papert para o pensamento concreto, pois as crianças desenvolveram manipulações físicas em um micromundo. Também contemplamos a concepção de Papert para o pensamento abstrato, pois enquanto agem pensam em matemática. Identificamos também o pensamento abstrato conforme compreende Dewey, pois o propósito da criança é aprender matemática, logo, temos um propósito formal e não mais um objetivo prático. As conclusões matemáticas construídas pelas experiências poderão então ser representadas formalmente pelo pensamento formal de acordo com Dewey, e neste caso, fora do contexto do micromundo usando apenas a linguagem matemática formal como a conhecemos dos livros.

CAPÍTULO 6

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES FINAIS:

Para onde podemos ir a partir daqui?

Nesta seção 6 apresentamos as discussões e conclusões a que chegamos a partir das compreensões construídas em torno de nossa pergunta de pesquisa: *Como os pensamentos reflexivo e computacional influenciam a construção de significados matemáticos, durante experiências computacionais educativas construcionistas (ExCEC)?* Além disso, apresentamos possibilidades de trabalhos futuros que vislumbramos.

Nossa pesquisa contemplou um estudo teórico que procurou construir relações entre as perspectivas de educação e de aprendizagem de Seymour Papert e John Dewey. Construímos uma rede de correspondências entre várias de suas ideias e conceitos com o objetivo de firmar nosso olhar sobre nosso construto teórico durante a pesquisa de campo e análise de dados. Percebemos correspondências entre os conceitos de micromundo e experiência educativa, pensamento reflexivo e pensamento computacional, projeto pessoal e propósito, linguagem de programação e símbolos como rótulos e veículos para expressão do pensamento. Também, a ênfase de ambos os autores sobre os processos de pensamento como um elemento essencial ao processo de aprendizagem, levando-os a investigar como suas perspectivas de educação poderiam influenciar a forma das pessoas pensarem.

As correspondências teóricas construídas foram alvos de reflexão durante a pesquisa de campo e análise de dados buscando evidências de corroboração entre a teoria e a prática, bem como possibilidades para ampliar e aprofundar as ideias dos autores estudados através de um processo de reflexão e construção teórica. O primeiro resultado de nossa investigação foi construído como consequência da sinergia entre os conceitos de micromundo computacional e experiência educativa, gerando nosso conceito de Experiência Computacional Educativa Construcionista - ExCEC - que congrega dentro de si o conceito de uma experiência educativa orientada pelo pensamento reflexivo (DEWEY, 1976) desenvolvida num micromundo computacional que suporta uma abordagem construcionista de aprendizagem orientada pelo pensamento computacional conforme Papert (1985, 2008). As ExCEC nos serviram como uma unidade de investigação, de modo que procuramos durante a análise de dados definir o escopo

e o contexto de cada ExCEC com o objetivo de delimitar sua abrangência. Assim o fizemos definindo cada ExCEC em torno dos projetos pessoais de cada criança ou de acordo com alguma atividade desenvolvida com toda a turma, narrando as histórias de aprendizagens e o enredo que as compunham com o objetivo de enriquecê-las com detalhes importantes para a construção de nossas compreensões.

Percebemos que cada ExCEC poderia ser composta por uma sequência de episódios, de acordo com as demandas de tempo ou da dinâmica do processo de aprendizagem desenvolvido pela criança. Esse fato nos levou a constatar que cada experiência computacional é pessoal e única, a depender do sujeito que a desenvolve, pois únicas e pessoais são suas experiências e conhecimentos anteriores. O que nos levou a concluir o importante papel exercido pelas conexões desenvolvidas pelo aprendiz durante sua ExCEC, através das quais identificava e relacionava algo de familiar em sua experiência em curso a alguma experiência anterior e, a partir disso, mobilizava seu pensamento reflexivo para construir significados para o novo que se apresentava. Dessa forma, *concluímos que as conexões essenciais ao ato de pensar reflexivamente podem ser deliberadamente construídas através da aplicação intencional do princípio matético Faça conexões, resultando num processo de aprendizagem que desenvolve tanto os conhecimentos formais quanto as habilidades matemáticas dos aprendizes.*

A sequência de episódios de uma ExCEC e sua dinâmica pessoal e única de desenvolvimento nos levou a perceber que a aprendizagem acontecia através de um processo de ampliação e aprofundamento do conhecimento do aprendiz, de modo que para compreender um conceito formal precisava partir de alguma ideia ou intuição reconhecida na situação como familiar, ou por ele construída a partir de sua própria experiência. Tais fatos foram evidenciados durante as explorações autônomas das crianças sobre os comandos do Scratch, durante as quais ideias surgiram, hipóteses foram formuladas e testadas, conclusões foram construídas com base em suas observações e reflexões. E sempre que suas investigações mostravam que suas intuições originais estavam equivocadas, procuravam por novos fatos, empreendiam novas investigações até conseguirem compreender e resolver o problema que os impediam de alcançar seus propósitos. Quando não conseguiam avançar sozinhos, solicitavam ajuda à professora, posta em prática através da mediação questionadora com o objetivo de estimular o surgimento de novas ideias e novas reflexões. Disso, concluímos que *uma experiência educativa desenvolvida num micromundo computacional e mediada por um professor especialista favorece a aprendizagem através de um processo investigativo orientado pelo pensamento reflexivo que parte de ideias intuitivas rumo a novas compreensões.*

Identificamos que cada ExCEC tinha início em uma ideia, um desejo, que tomava a forma de um propósito quando as crianças começavam a planejar suas ações e a refletir sobre o resultado delas. Enquanto desenvolviam seus projetos de programação, problemas e dúvidas interrompiam suas ações exigindo delas um processo reflexivo para compreender e encontrar suas soluções. Além disso, para construir seus programas precisavam mobilizar processos de pensamento relacionados a nossa definição de pensamento computacional. Percebemos que o pensamento reflexivo foi mobilizado para construir os significados para os conceitos relacionados ao pensamento computacional que ainda não eram compreendidos. E quando esse significado se tornava concreto do ponto de vista da aprendizagem, a criança então se tornava capaz de mobilizar o processo de pensamento relacionado para compreender e resolver algum problema novo. Neste momento, percebemos que mobilizavam tanto seu pensamento reflexivo quanto seu pensamento computacional para compreender e resolver situações problemáticas, de modo que ambos eram desenvolvidos e mobilizados concomitantemente. A ação conjunta do pensamento reflexivo e do pensamento computacional mobilizados para compreender e resolver problemas durante o desenvolvimento de um projeto de programação nos levou a concluir *sobre a prevalência do pensamento reflexivo computacional (PRC) como elemento que traz inteligência a uma experiência educativa computacional, o qual é desenvolvido e mobilizado sempre que o aprendiz se vê diante de uma situação problemática que exige dele a aplicação de processos de pensamento reflexivos e relacionados aos conceitos do pensamento computacional.*

O PRC agiu numa ExCEC para orientar um processo de aprendizagem de matemática através da construção de significados para o que era percebido como novo na situação investigada. Entendemos que isso aconteceu pela apreensão direta de significados já compreendidos e pela apreensão indireta de significados que ainda precisavam ser compreendidos. Nestes momentos é que as novas aprendizagens aconteceram, quando os aprendizes se encontravam diante de alguma situação problemática e percebiam que algo ali era, ainda, confuso ou desconhecido. Para resolverem essas dúvidas, não precisaram ser impelidos por terceiros a estudar ou aprender algum tema ou tópico do currículo. Ao contrário, seus propósitos os lançaram rumo a novas compreensões através de suas explorações, que orientadas pelo PRC desenvolviam as observações e reflexões necessárias para construir os significados do que ainda não era compreendido. Disso, concluímos que *a aprendizagem de matemática pela construção de significados pode acontecer durante o desenvolvimento de*

experiências computacionais em micromundos computacionais voltados à construção de programas, através da mobilização do PRC.

Sempre que uma nova aprendizagem era percebida em uma ExCEC, nosso olhar se fixava sobre a gênese desse processo, e como se daria seu desenvolvimento. Percebemos que ele começava partindo de uma ideia ainda abstrata para a criança, e avançava rumo à construção e consolidação de um conceito, num processo em que o professor intervém através da mediação questionadora para estimular o surgimento de ideias. As evidências produzidas puderam ser mapeadas através de nosso modelo de análise Movimento Matemático-PC, que mostrou a gênese e a evolução de intuições rumo à construção de conceitos que acontece no decorrer de seis etapas. Nosso modelo Movimento Matemático-PC se mostrou importante para organizar as evidências e sistematizar o processo de aprendizagem pela construção de significados, explicitando por quais etapas perpassa uma ideia até alcançar o nível de um conceito, nos permitindo ter um olhar mais analítico sobre as evidências. Disso, podemos concluir que *as ExCEC oportunizam um processo de aprendizagem de matemática pela construção de significados que parte de ideias intuitivas ainda abstratas concebidas pelo aprendiz rumo à conceitualização dessas ideias.*

A aprendizagem pela construção de significados não aconteceu de modo estanque e imediato. Ao contrário, se desenvolveu durante um processo em que diversas experiências se sucederam, uma impactando de modo frutífero outras futuras. Percebemos também que ao conhecimento já concreto para a criança, somaram-se outros, num processo de expansão e aprofundamento de conhecimentos que se relacionavam mutuamente. Disso, concluímos que *o processo de aprendizagem aconteceu seguindo um movimento em espiral, nos levando a construir nossa espiral de ExCEC, através da qual perpassa o processo de aprendizagem pela construção de significados que parte de uma ideia intuitiva rumo a construção do conceito formal relacionado a essa ideia.* E quando isso acontece, temos nosso ciclone de ExCEC.

As conexões estabelecidas pelo PRC das crianças entre suas experiências em curso e suas experiências anteriores, bem como seu processo de aprendizagem em espiral evidenciaram a aplicação do princípio do *continuum* sobre o processo de aprendizagem de uma determinada ideia, caracterizando a unidade do processo. Por outro lado, o ambiente de programação do Scratch viabilizou a construção de micromundos computacionais que proporcionaram a interação entre as condições objetivas da situação e as condições subjetivas da criança, a qual conseguiu fazer uso dos recursos computacionais existentes para dar vida a suas ideias. Além disso, evidenciamos que os micromundos construídos pelas crianças favoreceram o

desenvolvimento de suas habilidades matemáticas através da aplicação dos princípios matemáticos. Dessa forma, evidenciamos que tanto o princípio da interação quanto o princípio do *continuum* experiencial se fizeram presentes nas experiências computacionais desenvolvidas, o que nos leva a concluir *a natureza educativa e matemática das ExCEC*.

O ambiente de programação do Scratch oportunizou o desenvolvimento das ExCEC orientadas pelo PRC dos aprendizes, os quais puderam agir sobre o meio e receber o *feedback* de suas ações. No entanto, evidenciamos que a dinâmica dessas respostas influenciou a qualidade das experiências educativas, pois os *feedbacks* serviram como material para ser observado e processado pelo PRC. Quando produzidos imediatamente após uma ação, favoreciam a reflexão. E quando não, pareciam travar a fluidez do raciocínio rumo a construção de compreensões. Dessa forma, concluímos que *o feedback imediato de uma ExCEC consiste numa característica que favorece a compreensão pela construção dos significados, devendo, portanto, ser observado durante o planejamento das condições objetivas de uma experiência educativa*.

Os *feedbacks* imediatos podem ser alcançados em ambientes que possuem a característica da modelagem dinâmica, o que significa suportar a construção de modelos computacionais para representar e resolver problemas que respondem imediatamente aos estímulos recebidos. Evidenciamos que a experiência de construir e programar dispositivos robóticos usando o Scratch contempla a característica da modelagem dinâmica e, por isso, consegue proporcionar os *feedbacks* imediatos como resposta às manipulações da criança. Diante disso, concluímos que *fazer uso das tecnologias digitais para construir e programar dispositivos robóticos amplia as possibilidades para desenvolver experiências educativas, atualizando e expandindo as ideias de Dewey para contemplar recursos com maior potencial para produzir feedbacks imediatos*.

O poder de ação dos *feedbacks* imediatos e mediatos sobre o processo reflexivo empreendido durante a aprendizagem pela construção de significados nos levou a identificar a propriedade da modelagem dinâmica como elemento que deveria ser acrescido à nossa concepção inicial de pensamento computacional. Dessa forma, concluímos que *nossa concepção para pensamento computacional contempla a modelagem dinâmica como um dos conceitos relacionados à Ciência da Computação que favorece o processo de aprendizagem pela construção de significados orientado pelo PRC que acontece numa ExCEC*. Diante disso, pretendemos contribuir apresentando mais evidências relacionadas às diferentes concepções de

PC apresentadas na literatura, na tentativa de clarear as diferentes ideias que buscam consenso sobre sua definição.

Diante de nossas conclusões, enfatizamos aquela que acreditamos consistir na principal contribuição de nossa pesquisa aos conhecimentos construídos na área da Educação Matemática: *a construção do conceito de uma Experiência Computacional Educativa Construcionista (ExCEC) orientada pelo pensamento reflexivo computacional (PRC) para favorecer a aprendizagem de matemática pela construção de significados pelo próprio aprendiz, que parte de ideias intuitivas enquanto está engajado em seu projeto voltado à construção de programas. Concluímos que as ExCEC são uma maneira prática e efetiva de desenvolver processos de aprendizagem fundamentados na filosofia da experiência de Dewey e no construcionismo de Papert, em que experiências computacionais oportunizam experiências matemáticas.*

Para onde podemos ir a partir daqui?

Vários direcionamentos podem ser tomados para aprofundar e ampliar nossas conclusões. Algumas ideias nos vêm à mente, as quais serão apresentadas através de questionamentos: quais relações podem ser estabelecidas entre os princípios matemáticos e os conceitos relacionados ao pensamento computacional? Quais princípios matemáticos podem ser identificados numa ExCEC, para além daqueles anunciados por Papert? Como pode se desenvolver uma ExCEC pensada com o objetivo de manipular, representar e compreender objetos matemáticos, mobilizando-se o pensamento reflexivo computacional do tipo abstrato? Como repensar a ideia de currículo escolar de matemática dentro do contexto de uma aprendizagem de matemática através de ExCEC? Quais tipos de relacionamentos e sentimentos são construídos pelas crianças quando aprendem matemática enquanto se engajam numa ExCEC? Como desenvolver uma formação de professores voltada ao planejamento e desenvolvimento de ExCEC?

Enfim, são inúmeras as possibilidades. Mas além dessas, enfatizamos aquelas que surgiram ainda em nossa análise de dados, mas não puderam ser desenvolvidas em virtude da necessidade de recortes sobre o escopo do trabalho. A primeira delas se refere à construção de um modelo para mapear e classificar os princípios matemáticos em função do momento em que são aplicados ou desenvolvidos. Identificamos três desses momentos: no planejamento do micromundo, na concepção do projeto pessoal, e no desenvolvimento desse projeto, atribuindo a nomenclatura ao modelo de Dimensão MPP (Micromundo-Projeto-Prática).

Outra iniciativa surgiu quando avançamos rumo à construção do formalismo matemático referente ao conceito de número. Desenvolvemos ExCEC com o tema Meu amigo Número, com o objetivo de identificar as características e as funções que poderiam ser atribuídas a um número. Nos inspiramos nas ideias relacionadas à modelagem orientada a objetos desenvolvida na ciência da computação para construir e representar modelos dos objetos a serem programados em diferentes níveis de abstração. Como resultado, iniciamos a construção de um modelo conceitual, num nível intermediário de abstração, para representar as ideias das crianças enquanto identificavam os atributos dos números, as funções que manipulavam esses números, e como seus estados eram transformados a depender da ação dessas funções. Durante a construção do modelo, percebemos que precisávamos lançar mão de estratégias de pensamento para compreender e resolver a situação a ser modelada, o que fazíamos tornando explícito às crianças as habilidades do pensamento computacional e os princípios matemáticos aplicados. Atribuímos o nome ao modelo de Evento-Estado-Estratégia (Modelo 3E), pois perceberam que precisavam identificar o estado atual do número, quais eventos agiam sobre ele provocando mudança de estado, e quais estratégias de pensamento precisavam aplicar para compreender e modelar a situação estudada.

Diante dessas possibilidades, pretendemos avançar em nossas investigações rumo a novas compreensões sobre como o conceito de ExCEC pode ser desenvolvido e ampliado através do uso de novas e diferentes tecnologias que frutifiquem em novas ideias sobre como o processo de aprendizagem pela construção de significados pode acontecer.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. E. B; VALENTE, J. A. Pensamento computacional nas políticas e nas práticas em alguns países. **Revista Observatório**, Palmas, v. 5, n. 1, p. 202-242, 2019. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/observatorio/article/view/4742/14697>. Acesso em: 10 maio 2023.
- AZEVEDO, G. T. de; MALTEMPI, M. V. Invenções robóticas para o Tratamento de Parkinson: pensamento computacional e formação matemática. **Bolema**, Rio Claro, v. 35, n. 69, p. 63-88, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/rDvkXJ9ctxXm7tcyLFkBRMj>. Acesso em: abr. 2023.
- BATTISTI, C. A. Produção e aprendizagem do conhecimento. O que diria Descartes sobre a distinção entre pesquisa e ensino?. **Temas & Matizes**, v. 4, n. 8, p. 15–22, 2005. DOI: 10.48075/rtm.v4i8.421. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/temasmatizes/article/view/421>. Acesso em: abr. 2021.
- BARAB, S; SQUIRE, K. Design-based research: Putting a stake in the ground. **Journal of the Learning Sciences**, London, v. 13, n.1, p. 1–14, 2004. Disponível em: https://www.doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1. Acesso em: jan. 2021.
- BARANAUSKAS, M. C. C; VALENTE, J. A. Editorial: Edição temática sobre Pensamento Computacional. **Tecnologias, Sociedade e Conhecimento**, v.4, n.1, 2017. Disponível em: <https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/tsc/article/view/14481/9493>. Acesso em: maio 2023.
- BARBOSA, L. L. S. da; MALTEMPI, M.V. Recognizing Possibilities of Computational Thinking When Teaching First-degree Equations: A Classroom Case. *In: PROCEEDINGS OF FABLEARN*, 2019. **Anais [...]**. New York: Columbia University, 2019. p. 57–64.
- BARBOSA, L. L. S. da; MALTEMPI, M. V. Matemática, Pensamento Computacional e BNCC: desafios e potencialidades dos projetos de ensino e das tecnologias na formação inicial de professores. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, Passo Fundo, v. 3, n. 3, p. 748-776, 2020. Disponível em: <https://seer.upf.br/index.php/rbecm/article/view/11841/114115548>. Acesso em: dez. 2021.
- BARBOSA, L. L. S. MALTEMPI, M. V.. Educação pela experiência: projetos de programação entendidos como um propósito em uma experiência matemática educativa. **PROMETEICA - Revista de Filosofia y Ciencias**, v. 27, p. 783–792, 2023a. Disponível em: <https://doi.org/10.34024/prometeica.2023.27.15377>. Acesso em: dez. 2023.
- BARBOSA, L. L. S. da. MALTEMPI, M. V. Do pensamento real ao pensamento formal: compreensões sobre a construção do formalismo matemático sob a perspectiva da educação pela experiência de John Dewey. *In: IX Encontro Brasiliense de Educação Matemática (EBREM)*, 2023. **Anais[...]**. Brasília, Distrito Federal: Universidade de Brasília, 2023b. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1l_nGl7YBKWGctjPDr-7pZbsZYHVt1r8s/view. Acesso em: jan. 2024.
- BARBOSA, L. L. S. MALTEMPI, M. V. Experiência Matemática Educativa em ação: explorando micromundo computacional e princípios matemáticos. *In: III Encontro Paranaense de Tecnologias em Educação Matemática (EPTM)*, 2023. **Anais[...]**. Apucarana: Unespar,

2023c. Disponível em: <http://sbemparana.com.br/iiieptem/anais/1594-7676-1-PB.pdf>. Acesso em: dez. 2023.

BERTAZINI, E. **Pensamento computacional em livros didáticos do ensino médio: sobre atividades e possibilidades**. 2022. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Anhanguera, São Paulo, 2022. Disponível em:

<https://repositorio.pgsscogna.com.br/handle/123456789/52076>. Acesso em: 25 abr. 2023.

BICUDO, M. Pesquisa em Educação Matemática. **Pro-Posições**, Campinas, v. 4, n. 1 1, p. 18-23, 1993.

BORBA, M. C; ALMEIDA, H. F. L; GRACIAS, T. A. S. **Pesquisa em Ensino e Sala de Aula: Diferentes Vozes em uma Investigação**. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2018.

BORBA, M. C; ARAÚJO, J. L. (org.). **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2020.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base**. Brasília, DF: Ministério da Educação, [2018]. Disponível em:

http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 1 junho de 2020.

BRENNAN, K; RESNICK, M. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In: American Educational Research Association, 2012.

Proceedings [...]. Vancouver: Canada, 2012. Disponível em:

https://web.media.mit.edu/~kbrennan/files/Brennan_Resnick_AERA2012_CT.pdf. Acesso em: maio 2023.

BUSSMANN, C. J. C. de. **Pensamento Matemático-Computacional: Uma Teorização**.

2019. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019. Disponível em: <https://pos.uel.br/pecem/teses-dissertacoes/pensamento-matematico-computacional-uma-teorizaca>. Acesso em: 25 abr. 2023.

COBB, P; DISESSA, A; LEHRER, R; SCHAUBLE, L. Design experiments in educational research. **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 9–13, 2003. Disponível em:

<https://www.jstor.org/stable/3699928>. Acesso em: abr. 2021.

CRESWELL, J. W. **Investigação Qualitativa e Projeto de Pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens**. São Paulo: Penso, 2014.

DE PAULA, B. H; VALENTE, J. A; BURN, A. O uso de jogos digitais para o desenvolvimento do currículo para a Educação Computacional na Inglaterra. **Currículo sem Fronteiras**, v. 14, n. 3, p. 46-71, 2014. Acesso em: maio 2023.

DESCARTES, R. **Regras para a direcção do espírito**. Lisboa: Edições 70, 1985.

DEWEY, J. **Experiência e educação**. Tradução: Anísio Teixeira. 2. ed. São Paulo: Nacional, 1976.

DEWEY, J. **Como pensamos: como se relaciona o pensamento reflexivo com o processo educativo, uma reexposição**. Tradução: Haydée Camargo Campos. 4. ed. São Paulo: Nacional, 1979.

DEWEY, J. **Democracy and Education**. Hazleton, The Pennsylvania State University: Phoenix, 2001. *E-book*. Disponível em: <http://www.precog.com.br/bc-texto/obras/ph000189.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2023.

FERREIRA, B. J. P.; DUARTE, N. O Lema Aprender a Aprender na Literatura de Informática Educativa. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 33, n. 121, p. 1019-1035, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/es/a/BrY9hVzyHB4WgSSmZ4KWBYt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 abr. 2023.

FINO, C. N. Dewey, Papert, construcionismo e currículo. *In*: FINO, C. N.; SOUZA, J. M. (org.). **(Contra) tempos de educação e democracia, evocando John Dewey**. CIE-UMa Funchal: Centro de Investigação em Educação, 2017. p. 21-30. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.13/1961>. Acesso em: 25 abr. 2023.

FISHER, L. M. in Memoriam: Seymour Papert 1928-2016. **ACM News**, 2 de agosto de 2016. Disponível em: <https://cacm.acm.org/news/205495-in-memoriam-seymour-papert-1928-2016/fulltext>. Acesso em: 20 abr. 2023.

GADANIDIS, G; HUGHES, J.M; MINNITI, L. Computational Thinking, Grade 1 Students and the Binomial Theorem. **Digital Experiences Mathematics Education**. v. 3, n.2, p. 77–96, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40751-016-0019-3>. Acesso em: maio 2021.

GOLDENBERG, M. **A Arte de Pesquisar**: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais. Rio de Janeiro: Record, 2004.

GROVER, S; COOPER, S.; PEA, R. Assessing Computational Learning in K-12. *In*: 19th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, 2014, Uppsala, Sweden. **Proceedings [...]**. New York: Association for Computing Machinery, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1145/2591708.2591713>. Acesso em: 10 maio 2023.

HASESKI, H. I.; ILIC, U.; TUGTEKIN, U. Defining a New 21st Century Skill-Computational Thinking: Concepts and Trends. **International Education Studies**, v. 11, n. 4, p. 29-42, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324090573_Defining_a_New_21st_Century_Skill-Computational_Thinking_Concepts_and_Trends. Acesso em: 08 maio 2023.

HUGHES, J; MORRISON, L. Works of heart: Revisiting creativity and innovation through maker pedagogies. **Spark**, v. 3, n. 2, p. 150-160, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329973207_Spark_UAL_Creative_Teaching_and_Learning_Journal_Works_of_heart_Revisiting_creativity_and_innovation_through_maker_pedagogies. Acesso em: abr. 2021.

IDEM, R. de. C. **Compreensões sobre a resolução de problemas com tecnologias digitais na construção de padrões dinâmicos no Scratch por estudantes do ensino fundamental**. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 2022. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_f5c1a81867191d1a7f5e9c330cfb9c64. Acesso em: 25 abr. 2023.

KAHN, K. A half-century perspective on Computational Thinking. **Tecnologias, Sociedade e Conhecimento**, Campinas, v. 4, 2017. Disponível em: <http://www.nied.unicamp.br/ojs/>. Acesso em: 10 maio 2023.

KAFAI, Y. B; PEPPLER, K; LEMKE, J; WARSCHAUER, M. Youth, technology, and DIY: developing participatory competencies in creative media production. **Review of Research in Education**, v. 35, p. 89–119, 2011. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/41349013>. Acesso: 13 de maio 2021.

KALELIOGLU, F.; GÜLBAHAR, Y.; KUKUL, V. A framework for computational thinking based on a systematic research review. **Baltic Journal of Modern Computing**, v. 4, n. 3, p. 583-596. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/303943002_A_Framework_for_Computational_Thinking_Based_on_a_Systematic_Research_Review . Acesso em: 08 maio 2023.

LINCOLN, Y; GUBA, E. **Naturalistic Inquiry**. 1. ed. Londres: Sage Publications, 1985.

MALTEMPI, M. V. Construcionismo: pano de fundo para pesquisas em informática aplicada à Educação Matemática. *In*: BICUDO, M. A. V.; BORBA, M. de C. (org.). **Educação matemática**: São Paulo: Cortez, 2004. p. 264-282.

MALTEMPI, M.V. Novas Tecnologias e Construção de Conhecimento: Reflexões e Perspectivas. *In*: V CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2005, Porto, Portugal. **Anais**[...]. Porto: Universidade do Porto, 2005. Anais em CD-ROM.

MARTINS, A. R. Q; TEIXEIRA, A. C. Educação através da Informática Educativa: De John Dewey a Seymour Papert. *In*: XVII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INFORMÁTICA EDUCATIVA (SIIE'15), 15., 2015, Setúbal, Portugal. **Atas** [...]. Setúbal: Escola Superior de Educação, 2015, p. 53-60. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/299552470_Atas_do_XVII_Simposio_Internacional_de_Informatica_Educativa. Acesso em: 25 abr. 2023.

MAYHEW, K. C.; EDWARDS, A. C. **The Dewey School**: The Laboratory School of the University of Chicago 1896-1903. New York: Atherton, 1965.

MESSICK, S. The interplay of evidence and consequences in the validation of performance assessments. **Educational Researcher**, v. 23, n. 2, p. 13–23, 1992. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3102/0013189X023002013?journalCode=edra>. Acesso em: abr. 2021.

PAPERT, S. Constructionism versus instructionism. **The Daily Papert**. 1980. Disponível em: <https://dailypapert.com/constructionism-vs-instructionism>. Acesso em: 25. abr. 2023.

PAPERT, S. **LOGO**: Computadores e Educação. Tradução José Armando Valente, Beatriz Bitelman, Afira V. Ripper. São Paulo: Brasiliense, 1985.

PAPERT, S. **A Máquina das Crianças**: repensando a escola na era da informática. Tradução Sandra Costa. Porto Alegre: Artmed, 2008.

PAPERT, S. Situating Constructionism. *In*: HAREAL, I.; PAPERT, S. (ed.). **Constructionism**. Norwood, NJ: Ablex Publishing, 1991. p. 1-12.

PHILLIPS, P. Computational Thinking: A problem-solving tool for every classroom. **Microsoft Corporation, Computer Science Teachers Association**, 2009. Disponível em: <https://computationalthinkingk12.files.wordpress.com/2014/04/compthinking.pdf>. Acesso em: abr. 2023.

RABELO, R. S. **Destinos e trajetos: Edward Lee Thorndike e John Dewey na formação matemática do professor primário no Brasil (1920-1960)**. 2016. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-15082016-154137/pt-br.php>. Acesso em abr. 2023.

SILVA, L. L da. **Classificação e Caracterização de Ambientes para Navegação de Robôs Móveis Baseada em Mapas**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Estadual Paulista, São Jos do Rio Preto, 2008. Disponível em: <https://www.ibilce.unesp.br/Home/Pos-Graduacao475/pdf-luciana-leal-da-silva-m.pdf>. Acesso em: setembro de 2023.

SOUZA de, E. C. **Níveis de maturidade capacidade de pensamento computacional dos alunos ao término do ensino fundamental explicados por modelos de equações estruturais: uma investigação dos fatores de chances por meio de ajustes de regressão logística**. 2021. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2021. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=10422264. Acesso em: 25 ab. 2023.

SPENCER, J. **Seven stages in moving from consuming to creating**. 2018. Disponível em: <http://www.spencerauthor.com/seven-stages-in-moving-from-consuming/>. Acessado: 13 mai. 2021.

QUEIROZ R. L; SAMPAIO, F. F; SANTOS dos, M. P. Pensamento Computacional, robótica e educação. **Tecnologias, Sociedade e Conhecimento**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 107-129, 2017. Disponível em: <https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/tsc/article/view/14487/9499>. Acesso em: 10 maio 2023.

SETTLE, A. et al. Infusing computational thinking into the middle and high-school curriculum. *In: Proceedings of the 17th ACM Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, New York, NY, USA, p. 22-27, 2012.

TEIXEIRA, Anísio. **Educação progressiva: uma introdução à filosofia da educação**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1933.

TURATO, E. R; BASTOS, R. A; VIEIRA, A. S. L; WEBER, A. As pesquisas qualitativas: desafios de sua cientificidade. *In: Bicudo, M. A. V.; Costa, A. (org.). Leituras em pesquisa qualitativa*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2019. p. 135-144.

UNIVERSIDADE DE LISBOA. A Lab School. Página pessoal da professora Dra. Olga Pombo. Disponível em: https://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~ommartins/images/hfe/dewey/lab_school/lab_school.htm. Acesso em: jan. de 2024.

USA NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Report of a Workshop on the Scope and Nature of Computational Thinking 2010**. Washington, D.C.: The National Academies Press. 2010. Disponível em: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/12840/report-of-a-workshop-on-the-scope-and-nature-of-computational-thinking>. Acesso em: 08 maio 2023.

VALENTE, J. A. **A Espiral da Espiral de Aprendizagem: o processo de compreensão do papel das tecnologias de informação e comunicação na educação**. 2005. Tese (Livre

Docência) - Departamento de Multimeios, Mídia e Comunicação, Instituto de Artes (IA), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNICAMP-30_0b2725f222b3fec86a1bcce3072a2159 . Acesso em: maio. 2023

_____. Integração do pensamento computacional no currículo da educação básica: diferentes estratégias usadas e questões de formação de professores e avaliação do aluno. **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 14, n. 03, p. 864 – 897, 2016. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/curriculum/v14n3/1809-3876-curriculum-14-03-00864.pdf>. Acesso em: maio 2023.

_____. Pensamento Computacional, Letramento Computacional ou Competência Digital? Novos desafios da educação. **Revista Educação e Cultura Contemporânea**, v. 16, n. 43, p. 147-168, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335872369_Pensamento_Computacional_Letramento_o_Computacional_ou_Competencia_Digital_Novos_desafios_da_educacao. Acesso em: maio de 2023.

WESTBROOK, R. B; TEIXEIRA, A; ROMÃO, J. E; RODRIGUÊS, V. L. (org.). **John Dewey**. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.

WING, J. M. Computational thinking. **Communications of the ACM**, v. 49, n. 3, p. 33- 35, 2006. Disponível em: doi: 10.1145/1118178.1118215 . Acesso em: maio 2023.

_____. Computational thinking and thinking about computing. **Philosophical Transactions of the Royal Society A**. v. 366, n. 1881, p. 3717-3725, 2008. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2008.0118>. Acesso em: 08 maio 2023.

_____. Computational Thinking Benefits Society. **40th Anniversary Blog of Social Issues in Computing**. New York, 2014. Disponível em: <https://www.computacional.com.br/files/Wing/WING%202014%20-%20Computational%20Thinking%20Benefits%20Society.pdf> . Acesso em: 08 maio 2023.

ZANETTI, H. A. P; BORGES, M. A. F; LEAL, V. C. G; MATSUZAKI, I. Y. Proposta de ensino de programação para crianças com Scratch e Pensamento Computacional. **Tecnologias, Sociedade e Conhecimento**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 43-58, 2017. Disponível em: <https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/tsc/article/view/14484/9496>. Acesso em 10 maio 2023.