



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

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

**DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL EM UMA DINÂMICA
PEDAGÓGICA BASEADA NA PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL:
POSSIBILIDADES PARA A FORMAÇÃO DAS AÇÕES MENTAIS DE ESTUDANTES
E DO CONCEITO POLÍGONO REGULAR A PARTIR DA PRODUÇÃO DE UM
PENSAMENTO GEOMÉTRICO.**

Eliei Constantino da Silva

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
RIO CLARO – SP

2023

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

ELIEL CONSTANTINO DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL EM UMA
DINÂMICA PEDAGÓGICA BASEADA NA PERSPECTIVA HISTÓRICO-
CULTURAL: POSSIBILIDADES PARA A FORMAÇÃO DAS AÇÕES MENTAIS DE
ESTUDANTES E DO CONCEITO POLÍGONO REGULAR A PARTIR DA
PRODUÇÃO DE UM PENSAMENTO GEOMÉTRICO.**

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

Orientadora: Profa. Associada Dra. Sueli
Liberatti Javaroni

Rio Claro - SP
2023

S586d Silva, Eliel Constantino da
Desenvolvimento do pensamento computacional em uma dinâmica pedagógica baseada na perspectiva histórico-cultural : possibilidades para a formação das ações mentais de estudantes e do conceito polígono regular a partir da produção de um pensamento geométrico / Eliel Constantino da Silva.
-- Rio Claro, 2023
351 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientadora: Sueli Liberatti Javaroni

1. Scratch. 2. Método materialista histórico-dialético. 3. GeoGebra. 4. Base orientadora da ação. 5. Educação Matemática. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

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

ELIEL CONSTANTINO DA SILVA

DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL EM UMA
DINÂMICA PEDAGÓGICA BASEADA NA PERSPECTIVA HISTÓRICO-
CULTURAL: POSSIBILIDADES PARA A FORMAÇÃO DAS AÇÕES
MENTAIS DE ESTUDANTES E DO CONCEITO POLÍGONO REGULAR
A PARTIR DA PRODUÇÃO DE UM PENSAMENTO GEOMÉTRICO.

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas do Campus 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

Profa. Associada Dra. Sueli Liberatti Javaroni
FC/UNESP/Bauru (SP)

Profa. Dra. Eliana Maria do Sacramento Soares
UCS/Caxias do Sul (RS)

Profa. Dra. Idania Blanca Peña Grass
Universidad Central de Las Villas/Santa Clara – Villa Clara/Cuba

Prof. Dr. Ademir Damazio
Pesquisador Independente/Crisciúma (SC)

Profa. Associada Dra. Rubia Barcelos Amaral
IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Conceito: Aprovado.

Rio Claro (SP), 04 de maio de 2023.

Dedico este trabalho aos meus pais, Cleoci e Elias.

AGRADECIMENTO

Apesar desta tese ter sido concebida com base em uma concepção materialista, o meu ser é conduzido pela minha crença, que me faz iniciar essa sessão agradecendo a Deus pela vida e pela conquista de finalizar este trabalho.

Agradeço aos meus pais, Cleoci e Elias, por toda a base que me deram para que trilhasse os caminhos de percorri. Mesmo não tendo as mesmas oportunidades que eu tive, eles compreenderam minhas escolhas e me deram o apoio que precisei, em todos os sentidos, para que hoje eu pudesse estar escrevendo essa seção de agradecimento para um trabalho de finalização de um doutoramento.

Aos meus irmãos, Eliete e Misael, meus cunhados, Suellen, Paulo César e Luiz Felipe, meus sobrinhos queridos, Manuella, Brayan e Elisa, por serem quem são, por torcerem por mim e viverem todo esse processo comigo.

À Gabriela Zumpano, mulher incrível que me entende só com o olhar, que me move para meu desenvolvimento sempre da melhor forma, que suportou minhas ausências e oscilações de humor durante a constituição desta tese e que vibrou comigo para que eu conseguisse finalizar este trabalho.

À Profa. Associada Sueli Liberatti Javaroni pela oportunidade de realizar esse doutoramento sob condições não convencionais de trabalho para um estudante de doutorado do PPGE e pela orientação durante a realização deste trabalho.

Aos membros da banca: Prof. Dr. Ademir Damazio, Profa. Dra. Eliana Maria do Sacramento Soares, Profa. Dra. Idania Blanca Peña Grass e Profa. Associada Dra. Rúbia Barcelos Amaral, pelo tempo dedicado à leitura deste trabalho, generosidades e pelas ricas contribuições.

Ao prof. Me. Fábio Ferreira da Silva, pela parceria, pelo apoio com os procedimentos técnicos e logísticos para a produção dos dados e por ser o canal de abertura de portas da Escola Estadual Adélio Ferraz de Castro, localizada em Vargem/SP, para que a pesquisa de campo pudesse ser realizada. A vocês desejo tudo o que há de melhor sempre!

À Lucimar Ferreira dos Santos Amorim, diretora da Escola Estadual Adélio Ferraz de Castro que, mesmo sem me conhecer, acreditou no potencial da pesquisa e permitiu que eu desenvolvesse o trabalho de campo com os estudantes da escola.

Aos seis estudantes da 1ª série do Ensino Médio, no ano de 2021, da Escola Estadual Adélio Ferraz de Castro, pelo comprometimento e parceria na participação da pesquisa de campo desta tese. Quantos aprendizados e esperança de futuros melhores vocês provocaram em mim! Gratidão!

Ao GPIMEM (Grupo de Pesquisa em Informática, Outras Mídias e Educação Matemática) pela oportunidade de aprender com todos vocês, pelas trocas de experiências e parcerias.

À Elisiane Goethel, Leandra dos Santos, Vitor Lautenschlaeger, Patrícia Fasseira Andrade, Marcos Aurélio Alves e Silva, Wilson José de Oliveira Ferreira e Igor Monteiro pelos inúmeros momentos de desabafos e por lutarem comigo e por mim para que eu não desistisse. A finalização desta tese é dedicada a vocês!

À Sabrina Gonçalves, Alexandre Ikuhara, Marcelo Lopes e Eduardo Gomide por acreditarem em meu trabalho com o tema pensamento computacional, por sonharem comigo a materialização desse estudo em um projeto que está impactando estudantes e professores de diversas localidades do país e por investir na minha formação, permitindo que eu estivesse em contato com professores e pesquisadores de outros países que também pesquisam sobre o tema. Estar com vocês, projetando, sonhando e realizando tudo o que já criamos juntos era o que me motivava a concluir este estudo. Sou grato por poder ver essa pesquisa para além do papel! Vocês são demais!

A todos da Foreducation EdTech (time interno, time externo, escolas e universidades parceiras) por me inspiraram e acreditaram em meu trabalho. Vocês foram o gás que eu precisava para concluir mais esta etapa.

À Leandra dos Santos, Vitor Lautenschlaeger, Daniel Tebaldi, Silvana Santos, Maria Teresa Zampieri e Ana Karina Baroni pelas leituras e apontamentos para reflexão e melhoria deste trabalho.

Por fim, agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (PPGEM) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus Rio Claro, pela oportunidade de formação e aprendizado contínuo.

“A educação não pode ser qualificada como o desenvolvimento artificial da criança. A educação é o domínio artificial dos processos naturais de desenvolvimento. A educação não apenas influi em alguns processos de desenvolvimento, mas reestrutura as funções do comportamento em toda sua amplitude”
(VIGOTSKI, 2004, p. 99).

RESUMO

Esta tese apresenta uma investigação realizada à luz da teoria histórico-cultural, em que o objetivo foi investigar as possíveis relações do desenvolvimento do pensamento computacional com a gênese do processo de formação planejada por etapas das ações mentais e dos conceitos, de modo a identificar o seu desenvolvimento e contribuição com a formação do conceito polígono regular de estudantes do Ensino Médio. A pesquisa de campo ocorreu com seis estudantes da 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública do município de Vargem/SP, agrupados em dois trios. Ocorreram três encontros síncronos por meio da plataforma Google Meet, em decorrência do isolamento social causado pela COVID-19, com duração de duas horas e meia cada encontro. Nesses encontros, os estudantes realizaram tarefas, com o uso do software Scratch e software GeoGebra. Essas tarefas foram elaboradas segundo a Teoria da Formação Planejada por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos, de Galperin, que pondera que as especificidades do desenvolvimento mental humano estão relacionadas às perspectivas evolutivas e históricas, mediadas por ferramentas culturais, ou seja, a atividade mental é formada com base na atividade externa. Para que esse processo de internalização ocorra, o autor propõe algumas etapas, sendo: etapa de estabelecimento da base orientadora da ação, etapa da formação da ação no plano material, etapa da formação da ação na linguagem externa e etapa da ação no plano mental, tendo a motivação, o controle e a execução presentes na realização dessas etapas. Nesta pesquisa, esse aporte teórico fundamentou a criação de tarefas, bem como a dinâmica da interação do pesquisador com os estudantes para a realização delas, visando fomentar e identificar o desenvolvimento do pensamento computacional em contextos de aula, bem como proporcionar que esse desenvolvimento cognitivo contribua para a formação conceitual do estudante. Ao planejar ações em contextos educacionais, que visem esse objetivo, é necessário identificar o contexto sociocultural dos estudantes a fim de obter informações sobre as experiências e apropriações de signos e significados sociais referentes à cultura da Ciência da Computação. Isso se justifica, pois, essa cultura tem transformado o ser humano ao passo que ele transforma o ambiente ao seu redor, criando avanços para essa área do conhecimento. Assim, sob essa ótica, compreendo pensamento computacional como uma estratégia de organização do pensamento para resolver e formular problemas, que ocorre com base nos conhecimentos e práticas da Ciência da Computação, como a decomposição, reconhecimento de padrões, algoritmo e abstração, quando se incorpora a cultura dessa área do conhecimento às suas relações sociais. Para essa investigação, recorri ao método materialista histórico-dialético e foram identificadas duas unidades de análise: i) vivência; e ii) ação e comunicação. Com o desenvolvimento desta pesquisa – em particular, com base na análise dos dados produzidos – posso concluir que é possível observar a formação do pensamento computacional dos estudantes e vinculá-la às etapas da formação planejada das ações mentais. Por decorrência, contribui com a formação conceitual dos envolvidos. Para tanto, requer a propositura e desenvolvimento de uma atividade orientada de forma adequada ao contexto dos estudantes. Porém, desde que fomente a formação das ações mentais por meio de experiências na realidade objetiva do estudante, incluindo o uso de signos e instrumentos decorrentes da cultura da Ciência da Computação.

Palavras-chave: Scratch. Método materialista histórico-dialético. GeoGebra. Base orientadora da ação. Educação Matemática.

ABSTRACT

This thesis presents an investigation carried out in the light of the cultural-historical theory, in which the objective was to investigate the possible relations between the development of computational thinking and the genesis of the planned training process in stages of mental actions and concepts, in order to identify its development and contribution to the formation of the regular polygon concept of high school students. The field research took place with six students from the 1st year of high school at a public school in the city of Vargem/SP, grouped into two trios. There were three synchronous meetings through the Google Meet platform, due to the social isolation caused by COVID-19, lasting two and a half hours each meeting. In these meetings, students performed tasks using Scratch software and GeoGebra software. These tasks were elaborated according to Galperin's Theory of Planned Formation by Stages of Mental Actions and Concepts, which considers that the specificities of human mental development are related to evolutionary and historical perspectives, mediated by cultural tools, that is, mental activity is formed on the basis of external activity. For this process of internalization to occur, the author proposes some stages, namely: stage of establishing the guiding base of the action, stage of forming the action in the material plane, stage of forming the action in the external language and stage of the action in the mental plane, having the motivation, control and execution present in carrying out these steps. In this research, this theoretical contribution supported the creation of tasks, as well as the dynamics of the researcher's interaction with the students to carry them out, aiming to encourage and identify the development of computational thinking in classroom contexts, as well as to provide that this cognitive development contributes to the conceptual formation of the student. When planning actions in educational contexts, aimed at this objective, it is necessary to identify the sociocultural context of students in order to obtain information about the experiences and appropriations of signs and social meanings related to the culture of Computer Science. This is justified because this culture has transformed the human being while he transforms the environment around him, creating advances for this area of knowledge. Thus, from this perspective, I understand computational thinking as a thought organization strategy, to solve and formulate problems, which occurs based on the knowledge and practices of Computer Science, such as decomposition, pattern recognition, algorithm and abstraction, when it incorporates the culture of this area of knowledge into its social relationships. For this investigation, I resorted to the historical-dialectical materialist method and two units of analysis were identified: i) experience; and ii) action and communication. From the development of this research, in particular, from the analysis of the data produced, I can conclude that with the proposal and development of an activity oriented in an appropriate way to the context of the students, which encourages the formation of mental actions through experiences in reality objective of the student, including the use of signs and instruments arising from the culture of Computer Science, it is possible to observe the development of students' computational thinking and link it to the stages of the planned formation of mental actions, contributing to the conceptual formation of those involved.

Keywords: Scratch. Historical-dialectical materialist method. GeoGebra. Orientation base of action. Mathematics Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação entre pensamento e linguagem	59
Figura 2 – Triângulo ABC presente no item a da questão 1 do Apêndice F.....	202
Figura 3 – Quadrilátero ABC presente no item b da questão 1 do Apêndice F.....	204
Figura 4 – Pentágono ABCDE presente no item c da questão 1 do Apêndice F....	205
Figura 5 – Hexágono ABCDEF presente no item d da questão 1 do Apêndice F...	207
Figura 6 – Pentágono regular presente na questão 3 do Apêndice F	209
Figura 7 – Imagem presente na questão 4 do Apêndice F	211
Figura 8 – Imagem presente na questão 1 do Apêndice G	223
Figura 9 – Polígonos presentes na questão 2 do Apêndice G	229
Figura 10 – Retângulo e pentágono construídos no GeoGebra pelo trio 1	234
Figura 11 – Retângulo com uma de suas diagonais e pentágono regular com a medida de seus lados	235
Figura 12 – Polígono qualquer ABCD e polígono regular MLBA construídos no GeoGebra	237
Figura 13 – Representação de um quadrado no <i>Scratch</i> feito por Ana, Paulo e Otávio	239
Figura 14 – Representação de um triângulo equilátero no <i>Scratch</i> feito pelo trio 1	241
Figura 15 – Exemplos de figuras simétricas, segundo Bastos (2006).....	242
Figura 16 – Investigação das propriedades de um triângulo equilátero no GeoGebra	243
Figura 17 – Investigação das propriedades de dois triângulos retângulos formados internamente a um triângulo equilátero no GeoGebra	244
Figura 18 – Interpretação no GeoGebra, do trajeto construído no <i>Scratch</i>	246
Figura 19 – Construções auxiliares para obter o ângulo suplementar ao 	246
Figura 20 – Representação de um trapézio composto por outros dois trapézios simétricos	247
Figura 21 – Polígonos da atividade de ensino do Apêndice K	251
Figura 22 – Representação de um hexágono no software Scratch	252
Figura 23 – Representação de um hexágono regular no software GeoGebra	253
Figura 24 – Representação de um hexágono regular inscrito à uma circunferência no GeoGebra	255

Figura 25 – Representação de um hexágono regular inscrito à uma circunferência com a medida de algumas partes do ângulo central	257
Figura 26 – Triângulos escalenos semelhantes	258
Figura 27 – Imagem de uma cada e sua imagem simétrica por reflexão	260
Figura 28 – Representação de oito polígonos regulares	261
Figura 29 – Representação de oito polígonos irregulares	262
Figura 30 – Polígono Regular e polígono irregular construído no GeoGebra pelo trio 2	264
Figura 31 – Medida do comprimento dos lados do triângulo regular com a ferramenta Distância, Comprimentos ou Perímetro do GeoGebra	265
Figura 32 – Medida dos ângulos do triângulo regular com a ferramenta Ângulo do GeoGebra	265
Figura 33 – Representação da construção de dois lados consecutivos do quadrado no software <i>Scratch</i>	269
Figura 34 – Representação do triângulo obtido ao tentar representar um terceiro lado do quadrado no software <i>Scratch</i>	270
Figura 35 – Representação de dois lados consecutivos do quadrado	273
Figura 36 – Representação de um quadrado feito por Carol, Carlos e Julia	276
Figura 37 – Representação de uma figura geométrica com dois ângulos de 90° e dois de 180°	276
Figura 38 – Representação da construção de um triângulo utilizando o bloco gire 60° no <i>Scratch</i>	278
Figura 39 – Representação de um hexágono regular.....	279
Figura 40 – Representação de um triângulo equilátero no software <i>Scratch</i>	281
Figura 41 – Representação de um octógono regular no software <i>Scratch</i>	281
Figura 42 – Ladrilhamento do palco do <i>Scratch</i> com polígonos regulares	282

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Competências Gerais da Educação Básica (BRASIL, 2022)	46
Quadro 2 – Contribuição do desenvolvimento do pensamento computacional para a formação de competências gerais da BNCC	48
Quadro 3 – Tipos de BOA	92
Quadro 4 – Significados de palavras vinculadas ao conceito polígono regular	199
Quadro 5 – Elementos de um polígono	218
Quadro 6 – Definição de polígono regular dos trios de estudantes durante a formação da BOA	228

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de dissertações e teses encontradas na BDTD	106
Tabela 2 – Identificação dos trabalhos encontrados na BDTD que interseccionam o pensamento computacional e a Educação Matemática	107
Tabela 3 – Quantidade de dissertações e teses encontradas na BDTD com intercalação das expressões ações mentais e Educação Matemática	136
Tabela 4 – Quantidade de dissertações e teses encontradas na BDTD que abordam Galperin ou Educação Matemática	137
Tabela 5 – Trabalhos encontrados na BDTD que interseccionam a teoria de Galperin e a Educação Matemática	138

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BOA – Base Orientadora da Ação

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CEB – Conselho de Educação Básica

CNE – Conselho Nacional de Educação

EBOCA – Esquema da Base Orientadora Completa da Ação

PPGEM – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática

TFPAMC – Teoria de Formação Planejada por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos

Unesp – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Teoria histórico-cultural e seus termos chaves.....	18
1.2	Estrutura da tese	28
2	PENSAMENTO COMPUTACIONAL.....	30
2.1	Um olhar histórico-cultural sobre a presença da Computação nas pesquisas em Educação Matemática.....	32
2.2	Pensamento computacional na perspectiva de outros pesquisadores ..	35
2.3	Pensamento computacional na Educação Básica.....	42
2.4	Um olhar para a perspectiva desta tese	55
3	A FORMAÇÃO DE CONCEITOS EM VYGOTSKI: TECENDO UM DIÁLOGO COM O PENSAMENTO COMPUTACIONAL.....	63
4	FORMAÇÃO PLANEJADA DAS AÇÕES MENTAIS E DOS CONCEITOS..	83
4.1	Pressupostos iniciais.....	84
4.2	Etapas de formação da Base Orientadora da Ação.....	90
4.2.1	Esquema da Base Orientadora Completa da Ação	95
4.3	Etapas de formação da ação no plano material	96
4.4	Etapas de formação da ação no plano da linguagem externa	98
4.5	Etapas de formação da ação no plano mental	99
4.6	Etapas de formação da ação mental e o desenvolvimento do pensamento computacional com base em seus quatro pilares: que relações há?	101
5	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO EM RELAÇÃO À TEMÁTICA DE ESTUDO.....	105
5.1	Literatura referente à relação entre pensamento computacional e Educação Matemática	105
5.2	Literatura referente à relação entre a teoria da formação planejada das ações mentais e dos conceitos e Educação Matemática	135
6	PRODUÇÃO DOS DADOS E O CENÁRIO DE INVESTIGAÇÃO	144
6.1	O método materialista histórico-dialético	148
6.1.1	O método de dupla estimulação funcional.....	156
6.2	Procedimentos metodológicos	164
6.3	Cenário, participantes e momentos da pesquisa de campo	168
6.4	Tratamento e análise dos dados produzidos	175
7	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS.....	182
7.1	Unidade de Análise 1: Vivência.....	183
7.2	Unidade de Análise 2: Ação e comunicação	197
7.2.1	Formação da Base Orientadora da Ação.....	212
7.2.2	Formação das Ações Mentais mediada pela BOA.....	233
7.2.2.1	Trio 1: Ana, Paulo e Otávio.....	234
7.2.2.2	Trio 2: Carol, Carlos e Julia	263

8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	283
	REFERÊNCIAS.....	292
	APÊNDICE A – CARTA DE APRESENTAÇÃO DA PESQUISA	313
	APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO.....	315
	APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO.....	318
	APÊNDICE D – ROTEIRO PARA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA INICIAL COM OS ESTUDANTES	322
	APÊNDICE E – O QUE SIGNIFICA?	324
	APÊNDICE F – MOBILIZANDO OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS.....	326
	APÊNDICE G – ATIVIDADE DE ENSINO PARA FORMAÇÃO DA BOA TIPO III E EBOCA PELOS ESTUDANTES.....	330
	APÊNDICE H – CONSTRUÇÃO DA REPRESENTAÇÃO DE POLÍGONOS REGULARES NO SOFTWARE SCRATCH.	333
	APÊNDICE I – ATIVIDADE EXPLORATÓRIA DAS PRPRIEDADES DE POLÍGONOS REGULARES POR MEIO DE SUAS REPRESENTAÇÕES NO SOFTWARE GEOGEBRA... 	334
	APÊNDICE J – ATIVIDADE DE LADRILHAMENTO DE UMA REGIÃO NO SCRATCH	336
	APÊNDICE K – ATIVIDADE DE REFLEXÃO SOBE POLÍGONOS SEMELHANTES E POLÍGONOS SIMÉTRICOS.....	337
	APÊNDICE L – IMAGENS SIMÉTRICAS	339
	ANEXO A – CARTA DE ACEITE EM COLABORAR COM O PROJETO DE PESQUISA.....	341
	ANEXO B – PARECER DE APROVAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA NO COMITÊ DE ÉTICA	342

1 INTRODUÇÃO

“Ao mesmo tempo em que o ser humano transforma o seu
meio para atender suas necessidades básicas, transforma-se
a si mesmo”
(REGO, 1995, p. 41).

A articulação do desenvolvimento do pensamento computacional com a Educação Básica tem sido tema recorrente em eventos nacionais e internacionais. Pesquisadores de diversos países têm se debruçado em investigações acerca das possibilidades e dificuldades dessa relação em diferentes cenários educativos. No Brasil, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que direciona a educação brasileira, bem como o Parecer CNE/CEB 2/2022, homologado em 03 de outubro de 2022, abordam essa articulação com a indicação de habilidades a serem fomentadas nos estudantes desde o 1º ano do Ensino Fundamental.

Wing (2006) popularizou o termo pensamento computacional concebendo-o como uma estratégia de resolver problemas que leva em consideração a lógica e a abstração. Essas características elencadas por Wing (2006) tinham sido explicitadas por Papert (1980), quando ele apresentava as contribuições do uso da programação com a linguagem de programação Logo e do uso de computadores na Educação para a aprendizagem das crianças. Os estudos de Papert (1980; 1986; 1992) buscavam evidenciar as contribuições da Computação¹ para o desenvolvimento do conhecimento e do pensamento, bem como estimularam outros pesquisadores a olharem para essa contribuição (DISESSA, 2018).

Com a disseminação dos estudos – oriundas das iniciativas de Papert (1980) relacionados ao uso do computador que, na época de seus estudos, era o recurso que possibilitava o contato de estudantes com a cultura da Computação – pesquisas que articulam Computação e Educação foram sendo consolidadas e passaram a fazer parte da agenda de iniciativas governamentais e não governamentais que contribuíram para essa articulação. Novos recursos e abordagens computacionais surgiram na sociedade e novas perspectivas para a Educação se integraram às pesquisas e discussões acadêmicas, às normas e legislações que regem a Educação Básica, às diretrizes de formação de professores, entre outros.

¹ Nesta tese, a palavra “Computação” também será utilizada para me referir a “Ciência da Computação”.

Entre esses novos cenários está o desenvolvimento do pensamento computacional, que tem chamado a atenção de diferentes grupos ligados à Educação e tem promovido ampla discussão acerca de como ocorre e pode ser propiciado o seu desenvolvimento em contextos de aula, sobre as habilidades relacionadas e os formatos de avaliação.

O tema *pensamento computacional* tem contribuído com o aumento das discussões estabelecidas por Papert (1980; 1986) em relação às contribuições da Computação para o desenvolvimento cognitivo de estudantes e à resolução de problemas reais. O pensamento computacional passou a ser considerado, por muitos autores, como a habilidade principal a ser desenvolvida pelos estudantes, no século XXI (KOLOGESKI *et. al.*, 2016), por possibilitar a análise e o processamento de dados, bem como a aplicação em outros problemas e contextos (BRACKMANN *et. al.*, 2020).

Esse olhar sobre essa ação cognitiva tomou uma maior proporção, no Brasil, quando a BNCC deu visibilidade a ele, introduzindo-o nas orientações gerais sobre a componente Matemática. Por consequência, trouxe a discussão para a comunidade escolar que precisou debruçar-se em tentativas de compreendê-lo.

Nesse processo de compreensão, inquietações e tentativas de se obter uma definição única para o termo não faltaram. Santos (2019) elencou essas diversas definições, surgidas no cenário nacional e internacional, destacando que tais concepções surgem com base tanto nas visões de mundo dos pesquisadores como de seus olhares enviesados por suas filosofias e ideologias.

Silva e Javaroni (2020) analisaram as pesquisas acadêmicas defendidas no Brasil até 2019 e agruparam as definições desses pesquisadores em quatro grupos, a saber: i) trata-se de um desenvolvimento cognitivo propiciado por fundamentos da Computação; ii) trata-se de uma abordagem para a resolução de problemas; iii) não há uma definição, mas sabe-se que para desenvolvê-lo é necessário formar habilidade pré-definidas; e iv) trata-se de um processo cognitivo que possui relação com o pensamento matemático.

Em meu percurso formativo, deparei-me com essas quatro concepções. Quando tive contato com o tema pela primeira vez, em 2014, durante uma palestra proferida pelo prof. Dr. José Luís Ramos, membro do Centro de Investigação em Educação e Psicologia da Universidade de Évora, comecei meu caminho compreendendo que se tratava de uma abordagem a ser utilizada na resolução de

problemas do cotidiano que utilizava os principais métodos da Computação para resolvê-los.

Continuando os estudos, apoiado por pesquisadores do Instituto de Educação da Universidade do Minho, comecei a compreender que esses métodos da Computação iam além do uso de computadores. Estavam relacionados a uma habilidade de transpor para situações de outras áreas do conhecimento, as ações que se faziam em situações proporcionadas pela Ciência da Computação.

Nesse mesmo período, eu cursei componentes curriculares que pertenciam à grade do mestrado em Ensino daquela instituição, sendo uma delas intitulada “Psicologia do Desenvolvimento do Adolescente”, que me permitiu conhecer, de modo sucinto, algumas teorias sobre o tema. Ao retornar ao Brasil, as ações de pesquisas que teci com estudantes, em escolas públicas do município de Presidente Prudente, conduziram-me a uma inquietação sobre como se forma essa habilidade de transposição de ações de uma área a outra e, como isso, ocorre no desenvolvimento cognitivo do adolescente.

Ao ingressar no curso de Mestrado em Educação Matemática no Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (PPGEM) da Universidade Estadual Paulista (Unesp), campus Rio Claro, cursei uma disciplina que enfatizou o que Silva e Javaroni (2020) teceram como terceiro grupo. Ou seja, pensamento computacional está relacionado ao desenvolvimento de habilidades oriundas da Computação, para resolver problemas. Em alguns momentos, discutíamos a relação desse pensamento com o pensamento matemático e as habilidades que estavam vinculadas a esse segundo tipo de pensamento.

Essa experiência me moveu ainda mais a continuar o estudo sobre o tema, pois a inquietação anterior apenas aumentou: como propiciar o desenvolvimento do pensamento computacional em estudantes da Educação Básica e sua contribuição para a formação de conceitos matemáticos? Estava fora do meu campo de aceitação a afirmação de que aquelas habilidades eram desenvolvidas pelo estudante apenas pelas ações que ele realizava na interação com algum recurso tecnológico como kit de robótica, software etc. Para mim, essa ação poderia ser a revelação de um processo mecânico sem relação nenhuma com a formação daquelas habilidades que estavam sendo elencadas.

Prossegui nesse caminho e comecei a considerar a premissa de que o pensamento computacional trata de um desenvolvimento cognitivo propiciado por

fundamentos da Computação. Assim, desenvolvi a pesquisa de mestrado com a intenção de identificar possíveis contribuições do desenvolvimento do pensamento computacional para a formação de conceitos matemáticos (SILVA, 2018), por meio de atividades de ensino que envolviam o uso de kit de robótica Arduino, programação em blocos no software Scratch for Arduino (S4A) e Material Dourado.

Com a participação de 69 estudantes que realizaram essas tarefas e evidenciaram a ocorrência de um desenvolvimento cognitivo na realização dessas ações, decidi prosseguir mais um pouco nesse caminho, que originou esta tese. Agora, optei por me apoiar na teoria histórico-cultural para desenvolver essa pesquisa, com vistas ao aprofundamento na questão referente à formação das ações mentais.

Desse modo, o que está sendo apresentado é um relatório científico que traz consigo as vivências e as inquietações de um jovem pesquisador sobre o desenvolvimento do pensamento computacional e a sua relação com a formação de conceitos matemáticos, apresentando uma releitura do tema com a base teórica adotada.

1.1 Teoria histórico-cultural e seus termos chaves

A teoria histórico-cultural recebe esse nome por ter como ponto central a compreensão do indivíduo como fruto da história e da cultura humana. Vygotski² (2014 – Tomo III) teceu seus estudos em busca da compreensão de quatro pontos, a saber: i) a relação entre o ser humano e o seu ambiente social (aquilo que o torna único); ii) os resultados psicológicos do ser humano ao estabelecer o trabalho como a atividade fundamental na relação dele com o ambiente, ou seja, como ele se desenvolveu no seu percurso histórico; iii) a relação entre o desenvolvimento da linguagem e o uso de instrumentos, isto é, como essa construção social e histórica ocorre em cada indivíduo e iv) a relação entre desenvolvimento e aprendizagem.

O principal objetivo da teoria é “caracterizar os aspectos tipicamente humanos do comportamento e elaborar hipóteses de como essas características se formaram ao longo da história humana e de como se desenvolvem durante a vida de um

² Nesta tese adoto a escrita: Vygotski. No entanto, ao fazer menção a trabalhos publicados por meio de citação direta ou ao fazer menção de livros publicados em nome de Vygotski, adotarei a escrita mencionada nessas publicações em respeito aos seus elaboradores, podendo aparecer no texto as escritas: Vigotski, Vigotsky e Vygotsky.

indivíduo” (VYGOTSKY, 1984, p. 21). Esses aspectos tipicamente humanos são a capacidade de planejar e imaginar, memória lógica, atenção voluntária, entre outros, que são consideradas as funções psicológicas³ superiores⁴, que é o principal objeto de estudo de Vygotski (2014 – Tomo VI).

Segundo Rego (1995, p. 39), as funções psicológicas superiores “referem-se a mecanismos intencionais, ações conscientemente controladas, processos voluntários que dão ao indivíduo a possibilidade de independência em relação às características do momento e espaço presente”. Elas se diferenciam das funções psicológicas elementares⁵, que são as “reações automáticas, ações reflexas e associações simples, que são de origem biológica” (REGO, 1995, p. 39), por serem desenvolvidas no processo de internalização do ambiente cultural.

Em outras palavras, o objetivo principal da teoria é compreender como a cultura é determinante para o desenvolvimento do ser humano e como ele se molda de acordo com as relações que são estabelecidas entre ele e as formas culturais de comportamento. Este processo de socialização “não é considerado pelo enfoque teórico metodológico em questão como contexto para o desenvolvimento humano, mas como elemento determinante no processo de humanização” (BERNARDES, 2010, p. 300).

As formas culturais de comportamento são estabelecidas pela interação dialética do ser humano com seu meio social e cultural (VIGOTSKY, 2014 – Tomo VI), em que o ser humano passa a ser considerado participante de um processo histórico (OLIVEIRA, 1993), pois enquanto ele modifica o ambiente por meio de seus níveis de desenvolvimento alcançado em um determinado momento histórico da humanidade que o influenciará em seu desenvolvimento posterior.

Desse modo, o desenvolvimento mental humano é resultado do desenvolvimento histórico e das formas de vida humana em seu contexto cultural e social. Mas, o que é cultura? Martins e Rabatini (2011, p. 356) estabelecem que para Vigotsky, cultura

[...] é o produto das leis históricas determinadas pelas condições concretas da existência humana e, assim sendo, o homem nessa perspectiva produz cultura, mas também é fruto das relações sociais que são internalizadas por ele e que se expressam na forma de funções psíquicas.

³ Funções psicológicas (funções psíquicas ou funções cognitivas) são os processos mentais que possibilitam ao indivíduo a realização de qualquer tarefa.

⁴ Há autores mencionados nesta tese que usam o termo “funções psíquicas superiores”.

⁵ Há autores mencionados nesta tese que usam o termo “funções psíquicas elementares”.

Para Vigotski (1995, p. 152), a cultura “não cria nada, tão só modifica as atitudes naturais em concordância com os objetivos dos homens”. Assim é impossível não considerar a origem cultural das funções psíquicas, uma vez que o ser humano internaliza o modo cultural de lidar com as informações quando ele está imerso nessa cultura. Essa origem está basicamente no ato da internalização da linguagem transformar as funções naturais da conduta do ser humano em funções culturais, de modo a orientar o seu desenvolvimento e, assim, o seu pensamento, que é a atividade intelectual definida pela atividade cognitiva no processo de desenvolvimento.

Nesta tese, a principal questão que me conduziu a essa investigação se concentra nesse ponto em que a cultura se torna parte da natureza humana. O adolescente que está imerso em uma cultura computacional, que, parafraseando Martins e Rabatini (2011, p. 347), “não somente toma algo dela, não apenas se enriquece com o que está fora dela”, mas utiliza de seus termos e conceitos para interagir com o outro nessa cultura em um ato externo à internalização da linguagem, estaria tendo a composição natural de sua conduta influenciada por essa cultura. Tal influência estaria dando uma nova orientação ao seu desenvolvimento por meio da transformação das suas funções naturais em funções culturais, que conduzem o seu pensamento natural a uma nova organização. Seria essa nova organização, o que chamamos de pensamento computacional?

Considerar a natureza cultural do psiquismo humano é fundamental para compreender a concepção de pensamento computacional desta tese. Temos a Computação como fruto de um processo histórico do ser humano que modificou o ambiente por meio de suas necessidades e capacidades. E do mesmo modo, o comportamento desse ser humano é influenciado, cada vez mais, por essa modificação.

O ser humano influencia o desenvolvimento do seu ambiente cultural por meio de uma atividade ontogenética essencial, o trabalho. Ele recebe de volta por meio da modificação que esse ambiente causará em sua conduta. Podemos observar essa relação tomando como exemplo o uso dos dispositivos móveis. O ser humano influenciou a evolução histórica dos dispositivos móveis, que modificou o seu ambiente cultural com essas criações e, hoje, essa cultura modifica o seu próprio comportamento.

Sob essa perspectiva cultural sobre o psiquismo humano, é que teço a concepção de pensamento computacional desta tese. Trata-se de uma estratégia de organização do pensamento, orientada pela modificação que a Computação tem causado nas funções naturais do indivíduo ao transformá-la em funções culturais. Além disso, por fomentar o processo de resolver problemas de modo otimizado, isto é, com identificação daquilo que é essencial, assim também a utilizá-lo como ferramenta os fundamentos da Computação, sendo eles agrupados em decomposição, reconhecimento de padrões, algoritmo e abstração.

Para compreender a ação que a cultura exerce sobre o psiquismo humano, é preciso entender outros termos-chaves da teoria: instrumento e signos. Em Vigotsky (2014 – Tomo II), instrumento e signo estão relacionados à mediação simbólica que ocorre no decorrer da atividade humana, que contribui para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

O instrumento faz a mediação da ação do sujeito sobre os objetos externos. Ele é orientado externamente ao indivíduo, ou seja, está presente no ambiente externo ao indivíduo e contribui para a transformação do objeto. Por exemplo, em uma aula de Matemática em que o professor interage com o estudante e ambos utilizam o software GeoGebra para explorar o conceito de mediatriz, o computador ou o celular pode assumir esse papel de instrumento mediador que irá orientar externamente o modo humano de ação. Em geral, o ser humano elabora e cria instrumentos para mediar suas ações com o meio social.

Por sua vez, o signo age como um instrumento cultural que regula a atividade psicológica do ser humano, ou seja, pode ser uma representação. É por meio do signo que nos relacionamos com o nosso ambiente cultural, ou seja, é um conjunto de símbolos ou um costume, como marcar um X na mão para não esquecer algo, que faz parte daquela cultura ao qual ele está imerso.

Assim, signos são os instrumentos culturais que irão mediar a atividade interna do ser humano para o controle de suas próprias ações. Por exemplo, um alerta amarelo piscante no trânsito é um signo que fará com que o indivíduo esteja em atenção. Outro exemplo é a palavra “bissetriz” escrita no quadro pelo professor na aula de Matemática, que irá dirigir a atividade interna do estudante e constituir a sua ação.

Nos exemplos citados no parágrafo anterior, temos um signo disposto como instrumento cultural material (alerta amarelo piscante na rodovia) e um signo

disposto como instrumento psicológico (a palavra bissetriz) após a aquisição da linguagem escrita. Esses signos regulam a atividade do ser humano que está presente na cultura, na qual esses símbolos são constituídos e utilizados nas relações sociais.

Esse momento tem a ver com o que Vigotsky (2014 – Tomo II) definiu como interiorização, que é o processo em que ocorre a passagem das formações externas em internas. O ser humano interage socialmente usando signos, o que contribui, primeiramente, com o desenvolvimento externo da função psicológica superior. A partir de então, sob a mediação simbólica dos signos que operam como estímulos culturais, pode ocorrer a passagem da atividade externa em interna, pois contribui com o desenvolvimento interno da função psicológica superior.

Assim, a interiorização de signos é um ponto central na concepção de que o desenvolvimento do pensamento computacional trata de uma nova organização do pensamento, influenciada pela transformação das funções naturais em funções culturais, oriundas de uma cultura impregnada por ações da Computação, que orientam a interação do ser humano nesse ambiente e constitui seu desenvolvimento. Tanto como instrumento cultural material, quanto como instrumento psicológico, os signos decorrentes dessa cultura da Computação exercerão o seu papel de mediador simbólico da atividade humana, cuja consequência estará nas implicações para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

A mediação é, portanto, uma interferência externa que ocorre no percurso do desenvolvimento e pode provocar transformações. O outro indivíduo interage mediado por signos, conceitos etc., na relação social que se estabelece, apoiando a atribuição de significados ao modo de viver daquela cultura.

O signo assumirá esse papel mediador na conduta humana somente quando ele for utilizado definitivamente em sua função instrumental desse processo. Um pressuposto desta tese é que ao transformar as funções naturais em funções culturais, os signos pertencentes à cultura da Computação precisam ser encontrados ou considerados como instrumentos desse processo para que ocorra a passagem da atividade externa em interna e, por conseguinte, ocorra desenvolvimento.

[...] o tipo superior de psiquismo, o alto nível de complexificação do comportamento, não se institui por desdobramentos naturais do ser orgânico, mas por apropriação dos signos, da cultura construída

historicamente. É evidente, portanto, que o psiquismo humano só possa ser explicado na qualidade de construção histórico-social (MARTINS; RABATINI, 2011, p. 350).

A presença dos signos, oriundos da Computação, nas interações dialéticas dos estudantes é uma condição externa essencial para o desenvolvimento do pensamento computacional no contexto escolar. Nesse caso, o papel do professor nessa interação social é de suma importância. Ele será aquele que irá criar as necessidades humanizadoras e orientar o uso dos signos em prol do desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

Para isso, é necessário que o professor compreenda o estudante que chega até ele com grandes possibilidades de aprendizagem, considerando suas necessidades, interesses e desejos, na tentativa de garantir a atividade do estudante. Para tanto, leva em consideração o que ele tem de suas experiências anteriores e a cultura humana que é representada pelo seu entorno, para que o mestre possa alcançar ao máximo o seu desenvolvimento.

O professor é o responsável por propor elos mediadores por meio daquilo que se estabelece como ato de comunicação nessa cultura, como por exemplo, a fala, símbolos, objetos, cores etc. Referente ao objeto de estudo desta tese, o professor é aquele que irá observar se os signos oriundos da cultura da Computação agirão, de fato, como instrumentos mediadores no processo de interação social do estudante, no ato de sua atividade, para que possa ocorrer essa transformação das funções naturais em funções culturais que irão gerar essa nova organização do pensamento, o computacional.

Sendo assim, as ações pedagógicas precisam ser repensadas de forma a considerar a reflexão sobre como o estudante aprende e se desenvolve, bem como o planejamento de ações que considerem o seu entorno. Isso se opõe ao simples processo de execução de tarefas que estão postas em manuais e materiais didáticos.

Concernente a esse ponto, nesta tese recorreremos aos pressupostos de Galperin (1980) para estabelecermos um modelo de como propiciar esse desenvolvimento dos estudantes, que considera seu entorno e privilegia o uso de signos e instrumentos presentes em sua cultura. Esses pressupostos se referem à inclusão de elementos da ação material externa na ação mental, que passam a ser ideais; o seu objeto se constituirá nas imagens as quais se dirige a ação mental; e a

transformação real dos objetos externos materiais passa a ser substituída pela transformação mental deles, na base das imagens.

Nessa relação entre homem e ambiente mediada por signos, outro termo surge e precisamos dar a devida atenção é a linguagem. Para Vigotsky (2014 – Tomo II), não é possível desassociar linguagem e pensamento, embora tenham raízes diferentes, ambos se relacionam no percurso de desenvolvimento do ser humano. A linguagem possui influência na estruturação do pensamento.

Para compreender essa relação entre linguagem e pensamento é preciso entender que significado é um critério atribuído à palavra. O significado de função em nossa cultura é um critério que culturalmente foi atribuído à palavra função. O mesmo ocorre com o significado de equação e tantos outros. É, portanto, uma generalização ou conceito.

A palavra é um signo que realiza o papel de mediador simbólico nas relações sociais do ser humano. Seu significado (generalização) é considerado, na teoria, um ato de pensamento, é parte integrante da palavra, e pertencente ao domínio da linguagem. Logo, o significado de uma palavra representa um elo estreito entre pensamento e linguagem.

Para Vygotski (2014 – Tomo II), a palavra como símbolo cultural nada é se não houver significado. Sem ele, a pronúncia (fala) do símbolo cultural que constitui a palavra é um som vazio que não pertence à linguagem. A linguagem expressa e organiza o pensamento, uma vez que carrega em si mesma os conceitos generalizados e elaborados pela cultura.

A linguagem não se mostrará sem estar relacionada ao pensamento. Para Vygotski (2014 – Tomo II), ela não é apenas o ato de externalizar o som das palavras, é uma ação que se relaciona com o pensamento, que não se desassocia da fala. O falar está intimamente vinculado ao pensar e este ao falar. Como exemplo, a fala é um ato de linguagem que coloca o ser humano em interação com o social e expressa o seu modo de pensar.

Outro exemplo é a análise de duas canetas em formatos diferentes. Por meio da linguagem eu consigo expressar o meu pensamento e nomear ambos os objetos de canetas. Ao mesmo tempo é a linguagem que permite que eu desenvolva uma ação cognitiva complexa, em que consigo eliminar as características contrastantes e identificar que, apesar das diferenças, ambos os objetos são canetas, isto é, a

linguagem me permite organizar o pensamento. Pensamento e linguagem, quando se encontram, provocam transformações psíquicas no ser humano.

Para além da função de organizar o pensamento, a linguagem como conjunto simbólico possibilita que o ser humano transmita cultura, seja por meio da fala ou outro meio de comunicação que foi construída socialmente. Para Vygotski (2014 – Tomo II), o ser humano se desenvolve quando está em um meio de interação social, que ocorre por mediações desse conjunto simbólico historicamente e culturalmente construído, isto é, que aborda os significados compartilhados por determinado grupo cultural.

Tecendo considerações sobre o objeto de estudo desta tese, a palavra (signo) e seu significado são fundamentais para a transformação psíquica que ocorrerá e orientará a nova organização do pensamento, que estou chamando de pensamento computacional. A Computação, como área do conhecimento, possui termos (palavras) que possuem significados próprios dentro dessa cultura. No processo de aquisição da linguagem que o ser humano passa no decorrer de seu desenvolvimento e transformações culturais, esses termos se tornam signos mediadores e seus significados contribuem para que tais signos, externos ao ser humano, se transformem em instrumentos psicológicos, para orientar o desenvolvimento do pensamento.

Para Vygotski (2014 – Tomo II), as funções psicológicas superiores desenvolvem-se na internalização das ações culturais elaboradas historicamente, pelo ser humano, e constituem o processo histórico de seu próprio desenvolvimento. Bars e Stephenson (2011) reforçam, em seus estudos, a necessidade de o professor utilizar os termos culturais da Computação em contextos de aula, para que os estudantes possam adquirir familiaridade com esses signos e seus significados e incorporá-los em suas ações sociais.

Martins e Rabatini (2011, p. 355) argumentam que “o instrumento cultural apropriado pelo indivíduo se torna parte de seu ser, incorpora-se à sua individualidade, transmutando as capacidades do gênero humano, da humanidade como um todo, em capacidade do indivíduo”. Nesse momento se faz presente o que Vygotski (2014 – Tomo II) chama de internalização, definindo-o como um processo que mantém o existente na estrutura cognitiva e sustenta a criação daquilo que possa vir a existir. Esse processo envolve a passagem de uma atividade externa (social) em uma atividade interna (intrapessoal). Portanto, a internalização que o

indivíduo faz do desenvolvimento histórico humano, por meio dos instrumentos psicológicos, é uma forma de produzir e reproduzir cultura.

A internalização que o indivíduo faz do desenvolvimento histórico da Computação em seu entorno, por meio de termos (palavras) dessa cultura e seus significados, pode ser uma forma de produzir e reproduzir a cultura da Computação. A formação das funções psicológicas superiores ocorre por meio do processo de internalização mediada pela cultura.

Vale ressaltar que por cultura e ambiente social, Vygotski (2014 – Tomo II) não considera apenas o que está diretamente no entorno particular do indivíduo, mas sim, tudo o que se faz presente nas mediações culturais. Quando os instrumentos pertencentes a essa cultura não são garantidos ao indivíduo, é responsabilidade da educação escolar promover os processos de transmissão de signos e significados de forma sistemática.

Corroboro Bernardes (2017, p. 71) que “na nossa sociedade, o acesso à cultura em geral não é disponibilizado a todos os sujeitos de forma igualitária, fato determinante que delimita as possibilidades de desenvolvimento das funções psicológicas superiores dos sujeitos”. Uma vez que o ser humano se desenvolve em um processo histórico-cultural, é preciso criar as condições para o acesso aos instrumentos da cultura ao qual ele, de modo individualizado, faz parte, para que na interação nesse ambiente social e cultural, seu desenvolvimento seja possibilitado.

A partir de quando nasce e interage com o outro, o ser humano produz um significado próprio aos comportamentos sociais. Com o desenvolvimento da linguagem, a presença de instrumentos e signos nessa relação com o outro, esses significados se alteram e passam de uma experiência individual para uma experiência social com raízes na história desse outro que direcionou o seu desenvolvimento, estimulando a criação dos significados sociais (VYGOTSKI, 2014 – Tomo VI).

Compreender como os significados são adquiridos, na perspectiva histórico-cultural, é essencial para entender o valor que a mediação social, realizada com a mediação de instrumentos e signos, tem no desenvolvimento das funções psicológicas superiores do ser humano. As experiências propiciadas pela cultura permitem que o indivíduo estruture seus próprios processos mentais com base nos recursos que ele internalizou e vá se desenvolvendo em um formato de espiral, totalmente em interação com o outro, que vai lhe possibilitar atribuir novos

significados nesse processo de internalização. Portanto, o significado é apropriado com base nas experiências do indivíduo e do grupo cultural.

De outro modo, o sentido de uma palavra é mutável, não possui estabilidade social como o significado. Ele é o estímulo psicológico que é gerado na consciência do indivíduo a cada nova interação. Isso ocorre porque o sentido surge no contexto da relação com o outro, ou seja, se alterar o contexto, o sentido pode ser alterado, considerando as experiências do indivíduo. O significado de uma palavra é estável e não se altera com as modificações do sentido (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II).

Um exemplo do que foi exposto anterior é quando o professor de Matemática, no sexto ano do Ensino Fundamental, usa a palavra “quadrado”. Não é uma palavra nova para o estudante e, provavelmente, a cada interação que ele teve com seus professores em anos escolares anteriores, ele atribuiu um sentido diferente à referida palavra. Talvez, em um primeiro momento, o estudante tenha desenvolvido um sentido de ser uma imagem fechada de quatro lados, por meio da experiência externa mediada pelos processos didáticos propostos pelo professor.

Pode ser que esse sentido tenha sido alterado ou validado quando o professor apresentou que seus lados são congruentes, por meio de uma imagem de quatro lados, fechada, porém inclinada (figura não prototípica). Enfim, apesar dos sentidos terem sido mudados por não serem estáveis, o significado da palavra quadrado não se alterou. Por isso, ambos não são dicotômicos. Para Vygotski (2014 – Tomo II), o significado é uma dessas modificações do sentido da palavra para o indivíduo.

Ao abordar sentido e significado, falo de consciência. Para Vygotski (2014 – Tomo II), ela é o mecanismo que filtra o mundo, por meio dos instrumentos culturais que exercem o papel de mediação simbólica na constituição do indivíduo como ser social, e permite que o ser humano atue em seu ambiente.

Finalizo essa seção reforçando que Vygotski (2014 – Tomo II) não exclui a parte biológica do ser humano. Ele apenas atribui tamanha importância ao aspecto social, por defendê-lo que, como impregnado historicamente pela cultura, conduzirá as funções naturais do indivíduo para o que ele chama de funções culturais, que são os mecanismos psicológicos adquiridos na relação com o outro que orienta as formas de agir nesse ambiente social e cultural. Essa relação será conduzida pelo papel mediador da cultura presente na interação do indivíduo com o outro, que usará da linguagem e de signos para se comunicar e orientar o indivíduo na produção de

significados compartilhados que, com o tempo, regularão o seu desenvolvimento psíquico.

A seguir, apresentarei a estrutura desta tese, com a indicação das seções nas quais cada um dos temas mencionados será aprofundado e exemplificado.

1.2 Estrutura da tese

Com o exposto anteriormente, esta tese está dividida em seções que permitem ao leitor se aprofundar nas ideias centrais do estudo e compreender as implicações e resultados obtidos, com base na análise dos dados gerados no cenário de investigação. Assim, esta tese segue a seguinte estrutura:

Seção 1: nesta seção inicio com um breve relato histórico de minhas motivações para realizar este estudo, bem como as principais ideias da teoria histórico-cultural que são a base para o desenvolvimento da tese.

Seção 2: apresento concepções sobre o que é pensamento computacional, estabeleço relação com minha concepção acerca desse tema com apresentação de um estudo teórico.

Seção 3: traço um diálogo entre o desenvolvimento do pensamento computacional e a formação de conceitos, em Vygotski (2014).

Seção 4: apresento um estudo sobre a teoria da formação planejada por etapas das ações mentais e dos conceitos, proposta por Galperin (1986).

Seção 5: elaboro um breve levantamento bibliográfico realizado em bases de dados, com a finalidade de elencar as produções existentes no cenário acadêmico referente aos temas principais desta tese.

Seção 6: exponho os pressupostos e percurso metodológico adotado na constituição da visão de mundo do pesquisador e na constituição da pesquisa em si, em que considero os aspectos teóricos e práticos, estes últimos referentes a produção dos dados.

Seção 7: apresento e analiso os dados gerados no cenário de investigação, com base nos pressupostos teóricos adotados no desenvolvimento da pesquisa.

Seção 8: desenvolvo as considerações finais deste estudo, de modo a estabelecer relações entre o desenvolvimento do pensamento computacional e a gênese do processo de formação planejada das ações mentais, com vistas à formação de conceitos em aulas de Matemática.

Em seguida, nomeio as referências bibliográficas mencionadas neste documento. Nos apêndices, apresento os documentos que foram produzidos no desenvolvimento da pesquisa, que se fazem importantes para a compreensão total deste estudo.

2 PENSAMENTO COMPUTACIONAL

[...] o pensamento da criança se desenvolve em função do domínio dos meios sociais do pensamento, isto é, em função da linguagem
(VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 116, tradução nossa)

O termo *pensamento computacional* tem sido tema recorrente de pesquisas, artigos e palestras em eventos nacionais e internacionais. Ele ganhou visibilidade quando Wing (2006) apresentou do que se trata e o que esse termo não representa. A autora afirma que é uma metodologia para resolver problemas, definida pela combinação do pensamento crítico com os fundamentos da Computação.

Segundo a autora, trata-se de uma distinta forma de pensar com conceitos básicos da Computação para compreender e desenvolver sistemas computacionais, bem como para entender o comportamento humano. No entanto, apesar de não o ter conceituado, o termo aparece em Papert (1980) duas décadas antes, quando se referiu ao modo pelo qual a presença do computador na sociedade poderia influenciar, socialmente, a aprendizagem das crianças.

Para explicar essa ideia, o autor citou a cultura do carnaval no Brasil, mencionando que esta festividade está presente nas relações sociais desse grupo e, assim, as pessoas não precisam ser sambistas natos para incorporar a cultura do carnaval ao seu modo de viver. Ao fazer essa referência ao funcionamento das escolas de samba no Brasil, o autor mencionou a existência de iniciativas que tinham por objetivo envolver pessoas em ações desenvolvidas com ambientes computacionais, com uma visão de como integrar o pensamento computacional à vida cotidiana. Assim, é visível que esse termo é decorrente de transformações culturais que foram sendo impregnadas na sociedade por meio de uma relação dialética entre mercado, pesquisas acadêmicas e escola como local de formação científica das crianças.

Apesar de mencionar o termo sem conceituá-lo, Papert (1980) reforçou que a tentativa de integração do desenvolvimento do pensamento computacional à vida cotidiana ocorreu de forma insuficiente, por ter sido realizada de modo isolado por pesquisadores. Porém, ações futuras surgiriam para desenvolver essa integração, uma vez que deixariam de ser iniciativas isoladas e passariam a ser “manifestações

de um movimento social de pessoas interessadas em computação pessoal, em seus próprios filhos e em educação” (PAPERT, 1980, p. 182, tradução nossa).

A nós, pesquisadores da área da Educação, Papert (1980) orientou que no futuro seria importante investigar como a presença da Computação contribuiria com o desenvolvimento intelectual de estudantes. Mas, para isso, seria necessário olhar para o ambiente cultural, uma vez que havia uma incompatibilidade entre a cultura embutida nos computadores e a cultura das pessoas que iria utilizar esses recursos.

Papert (1980) estabeleceu a relação sobre o pensamento computacional e uma cultura computacional que precisaria ser estimulada nas relações sociais do indivíduo, após anos de pesquisa sobre as contribuições do computador para a aprendizagem das crianças. Seu interesse por esse tema de pesquisa foi decorrente das suas necessidades e estímulos como indivíduo imerso em uma cultura que privilegiava o uso de computadores e outros recursos informatizados.

Papert (1985) descreveu suas experiências com engrenagens de automóveis desde a infância e como sempre se envolveu com esses instrumentos em seu desenvolvimento social. Ele esteve diante de um protótipo robótico em formato de tartaruga e pôde vivenciar crianças tendo experiência com tecnologia fora do contexto de sala de aula. Observou como elas se motivavam e criavam. Por decorrência, o autor recebeu estímulos que o motivou a planejar uma versão digital para que essas vivências pudessem ser produzidas dentro da sala de aula.

Nesse relato de Papert (1985), podemos observar o ser humano em processo de transformação do seu ambiente cultural por meio de suas construções tecnológicas. A trajetória de Papert revela como que essa cultura também transformou o próprio ser humano. Estou me detendo em Papert (1980), pois ele é considerado o principal precursor da Computação na Educação (GADANIDIS *et al.*, 2021), mas isso não implica que outros pesquisadores dessa e de outras áreas não estavam, também, pesquisando acerca do tema e tendo suas práticas modificadas pelas transformações que a tecnologia provocava nas interações sociais.

Conforme explicitado na seção 1.2, desta tese, o indivíduo modifica o seu ambiente por meio do trabalho e esse ambiente modifica o próprio indivíduo transformando suas funções naturais em funções culturais. Não se trata de uma relação linear com estabelecimento rápido, mas, sim, de uma relação complexa que se estreita com o tempo, com a tomada de consciência do indivíduo decorrente das suas socializações. Dessa forma, na próxima subseção apresento uma perspectiva

da relação do desenvolvimento tecnológico na área de Computação e seus desdobramentos na Educação.

2.1 Um olhar histórico-cultural sobre a presença da Computação nas pesquisas em Educação Matemática

As construções das máquinas (computador) iniciaram antes desse período citado em Papert (1985) para atender uma necessidade humana em um contexto social, não estritamente no meio educacional. Mas, aos poucos, a produção humana foi incorporada ao modo de vida do grupo cultural que a criou. Com isso, essas transformações ocorreram em mais lugares e outros ambientes começaram a ser modificados. Moraes (1997) apresentou a história da informática em contextos educacionais, no Brasil, com as primeiras ações do século passado, e descreveu como a presença do computador na Educação em outros países estimulou iniciativas governamentais brasileiras e não governamentais de inserção do computador na Educação do país.

Dessa forma, vemos que a incompatibilidade de culturas apontada por Papert (1980) existe até nos dias de hoje, após um período histórico de iniciativas governamentais e não governamentais acerca do uso de ambientes computacionais, em contextos educacionais e na sociedade em geral. Houve a inserção de máquinas em ambientes sociais, mas não houve um trabalho para a integração da cultura embutida nessas máquinas com a cultura dos usuários.

Assim, é possível perceber que as primeiras iniciativas, que envolvem Computação e Educação, no Brasil, carregam consigo a absorção de um histórico de interações sociais de outras culturas. Porém, foram introduzidas aqui e provocaram transformações culturais no contexto educacional brasileiro. Não vou adentrar em questões de políticas públicas e educacionais referentes a essa inserção, mas não posso deixar de mencionar que ela decorreu de uma visão de mercado que prevalece até os dias de hoje: a sociedade dominante no mundo avança tecnologicamente e, por isso, é preciso incorporar esse avanço nos processos de ensino-aprendizagem dos países subjugados.

Não estou sendo contrário à presença da Computação na Educação. Em vez disso, estou sendo enfático em mostrar que aquilo que consumimos, hoje, na Educação, é derivado de uma perspectiva histórico-cultural de transformação da

sociedade, em que a cultura modifica o homem e o homem modifica a cultura. Esse pressuposto é necessário para compreendermos a notoriedade que o termo *pensamento computacional* tem no Brasil, nos últimos cinco anos, como resultado do mesmo processo que trouxe a Computação para a Educação brasileira em outras décadas.

Na década de 1980, o termo pensamento computacional surgiu na literatura em Papert (1986). Duas décadas depois, o termo ganhou notoriedade em Wing (2006) e reverberou-se em diversas pesquisas ao redor do mundo. Mas, segundo Silva e Javaroni (2020), foi em 2016, dez anos após a publicação de Wing (2006), que surgiram as primeiras dissertações e teses publicadas, no Brasil, que relacionavam *pensamento computacional* com a Educação Matemática.

Maltempi, Javaroni e Borba (2011) apresentaram o percurso de 18 anos de pesquisa de um grupo de pesquisadores consolidado na área de tecnologias e Educação. Eles relataram o que desenvolveram nesses anos de trabalho, em termos de aspectos epistemológicos e metodológicos, vinculados aos processos de ensino-aprendizagem, modelagem matemática e formação de professores, relevantes à Educação Matemática. Suas pesquisas versam sobre essas temáticas e levaram em consideração as calculadoras, os computadores e a Internet como mediadores simbólicos do desenvolvimento humano.

Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014) apresentaram um estudo que classifica a presença da tecnologia na Educação Matemática em quatro fases. Consideram a presença do ambiente de programação LOGO, de Papert (1980), o momento inicial. Os autores elencaram transformações culturais da sociedade que influenciaram e geraram novos cenários educacionais, novos instrumentos simbólicos que requereram um novo papel do professor, no processo de interação com os estudantes.

Essas transformações iniciaram com os ambientes de programação, seguiram com os softwares que possibilitam uma experiência dinâmica de construção, como o Cabri e, posteriormente, o GeoGebra. Além disso, passam pelos ganhos que a Internet traz, à sala de aula, por possibilitar diversas conexões e acessos que levam à produção de conhecimento matemático. Os autores finalizam com a noção de performance matemática digital, que trouxe um entrelaçamento entre a Matemática e as Artes (BORBA; SCUCUGLIA; GADANIDIS, 2014). Acerca desse entrelaçamento, Scucuglia et al. (2020) investigaram a união do desenvolvimento do

pensamento computacional com questões estéticas em um ambiente de programação em blocos na produção de conhecimento matemático.

Em continuação ao trabalho de Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014), Borba, Souto e Canedo Júnior (2022) apresentaram a quinta fase das tecnologias digitais em Educação Matemática, dialogando com Paulo Freire. Eles evidenciam o protagonismo do vídeo digital e instigam os leitores a olharem para os novos enlaces entre as tendências, em Educação Matemática.

As quatro obras mencionadas – Silva e Javaroni (2020), Maltempi, Javaroni e Borba (2011), Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014) e Borba, Souto e Canedo Júnior (2022) – evidenciam que os olhares de pesquisadores em tecnologia e Educação, no Brasil, estavam para outro contexto cultural, diferente do que ocorria em outros países. Enquanto isso, a sociedade brasileira consumia, de forma desigual, os avanços tecnológicos, produzidos pelo ser humano em uma escala global, e era modificada pelos mesmos.

Assim como a Computação na Educação iniciou-se no Brasil com ações governamentais (MORAES, 1997), a inserção do pensamento computacional na educação brasileira teve seu início oficial por meio da publicação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Ensino Fundamental, em 2017. Mas há pesquisas sobre o tema com publicação, anteriores a 2017, como apresentado em Silva e Javaroni (2020). Esses autores elencaram três pesquisas de mestrado anteriores a 2017, vinculadas às ações da Sociedade Brasileira de Computação (SBC). Esta, desde 2009, possui iniciativas de desenvolvimento do pensamento computacional em escolas do Brasil, porém, sem apoio governamental.

A partir de então, as pesquisas sobre Computação, cognição e Educação Matemática, no Brasil, ganharam mais um tópico para a agenda: o *pensamento computacional*. Gadanidis *et. al.* (2021) apresentaram iniciativas governamentais que ocorreram em diferentes países desde a publicação de Wing (2006) até 2019. As suas discussões mostram que as alterações vieram de uma demanda social e suas ações têm influenciado a cultura desses países.

Novamente, eis aqui uma perspectiva histórico-cultural que acompanha a relação do ser humano com seu ambiente social. O percurso histórico que relaciona tecnologia na Educação Matemática brasileira sempre acompanhou os avanços culturais da sociedade. E agora, se estabelece por meio de uma concepção de mercado e das transformações causadas no ambiente, pelo homem, por meio de

seu trabalho. Portanto, uma transformação que vai além do uso de recursos tecnológicos nas interações sociais. É uma transformação cultural no ponto de vista do que Papert (1980) chamou de cultura da Computação, em que os seus instrumentos e signos passam a ser utilizados como mediação simbólica na relação do indivíduo com o outro.

Chegamos em um nível de transformação cultural, advinda dos avanços tecnológicos da sociedade, em que o próprio ser humano passou a ter suas funções naturais transformadas em funções culturais enraizadas nessa nova cultura. Essas transformações orientam uma nova organização do pensamento, pois os instrumentos e signos são derivados dessa cultura ou transformados por ela. Esse pensamento, que é desenvolvido, chamo de pensamento computacional, sendo, portanto, orientado pela relação social que se estabelece no ambiente cultural impregnado pela Computação.

Em contextos de aula, as relações que se estabelecem entre os indivíduos durante a realização de uma tarefa são mediadas simbolicamente por signos e instrumentos pertencentes a essa cultura que transformou suas funções naturais em culturais, na nova dinâmica estabelecida culturalmente pelo trabalho humano, que refletirá em sua consciência. Nesta pesquisa, meu olhar esteve para as contribuições desse pensamento para a formação do pensamento conceitual do indivíduo.

Sob essa perspectiva, apresentarei, nas próximas subseções dessa seção, uma discussão teórica acerca do termo *pensamento computacional* e seu desenvolvimento em contextos educacionais. Artigo com concepções de pesquisadores nacionais e internacionais que adotam o pensamento computacional como objeto de estudo. Ao final, aprofundarei a concepção de pensamento computacional adotada nesta pesquisa, pautada em concepções sobre pensamento, linguagem e cognição, segundo a teoria histórico-cultural.

2.2 *Pensamento computacional* na perspectiva de outros pesquisadores

Como mencionado, o primeiro registro do termo *pensamento computacional* na literatura é em Papert (1980). O autor o menciona como o processo de raciocínio reflexivo desenvolvido com base em estudo teórico e prático dos ambientes computacionais. Duas décadas depois, Wing (2006) retomou o termo e evidenciou-

o como uma metodologia de resolução de problemas que combina o pensamento crítico aos fundamentos da Computação.

Dois anos após a primeira definição, Wing (2008) apresentou uma relação do pensamento computacional com o modo de pensar na Computação como área do conhecimento, com foco na abstração e na automação. Para Wing (2008, p. 3718), o processo de abstração, caracterizado pela decisão “de quais detalhes precisamos destacar e quais detalhes podemos ignorar”, é a base do pensamento computacional.

Para justificar suas conclusões, Wing (2008) afirma que o processo de abstração da Computação envolve a relação simultânea de camadas, sendo, no mínimo, duas delas de abstração envolvidas: i) a camada de interesse e ii) a camada abaixo ou a camada acima. Elas podem ser entendidas como partes que compõem um sistema maior e complexo. Portanto, faz parte do *modus operandi* da Computação detalhar o que é preciso destacar e o que pode ser ignorado em cada uma dessas partes. Porém, de modo que, ao envolvê-las simultaneamente, seja possível obter o sistema maior, que leva em consideração a relação entre elas.

Um exemplo desse processo de abstração, apresentado por Wing (2008), pode ser visualizado na criação de um jogo digital. O criador do jogo não precisa conhecer todas as características dos possíveis usuários para criá-lo de modo que sua interface seja amigável e perceptível a quem joga. Do mesmo modo, o usuário não precisa conhecer os detalhes da criação do jogo para saber como interagir com a sua interface e compreender o seu enredo. Assim, o processo de abstração desenvolvido na criação do jogo digital envolveu, no mínimo, a relação simultânea dessas duas camadas. Decidiu-se o que era preciso destacar em cada uma delas e, ao relacioná-las, obteve-se o sistema maior, nesse caso, o jogo.

Para Wing (2008, p. 3718, tradução nossa) o desenvolvimento do pensamento computacional define abstrações, bem como o “trabalho com várias camadas de abstração e a compreensão dos relacionamentos entre as diferentes camadas”. Segundo a autora, a Computação é a automação dessas abstrações (WING, 2008; 2017). Para ela, a automação é compreendida **como** o processamento de informações e pode ocorrer por meio de um dispositivo físico com capacidades de processar, armazenar e comunicar, também pode ser desenvolvida por um humano.

Wing (2010, p. 01, tradução nossa) reforçou que o pensamento computacional “descreve a atividade mental na formulação de um problema para admitir uma

solução computacional. A solução pode ser realizada por um homem ou máquina, ou mais geralmente, por combinações de humanos e máquinas”. Nesse sentido, a autora defende a utilização dos fundamentos da Computação de modo que operamos “nossas abstrações, camadas de abstração e seus relacionamentos” (WING, 2008, p. 3718, tradução nossa).

Wing (2010, p. 01) exemplifica essa relação com a construção de um algoritmo. Para a autora, “um algoritmo é uma abstração de um processo que recebe entradas, executa uma sequência de etapas e produz resultados para satisfazer um objetivo desejado”. Nessa compreensão, ao processar informações, nós externalizamos o produto obtido com a utilização dos nossos meios de comunicação (símbolos matemáticos, produções textuais e artísticas, algoritmos, entre outros).

Com esse aprofundamento na discussão acerca do processo de abstração envolvido no desenvolvimento do pensamento computacional, Wing (2010, p. 01, tradução nossa) reformulou sua definição, qual seja: “é o processo de pensamento envolvido na formulação de problemas e suas soluções para que elas sejam representadas de uma forma que possam ser efetivamente realizadas por um agente de processamento de informações”.

Quatro anos após essa definição, Wing (2014, *n.p.*, tradução nossa) traçou um panorama acerca dos benefícios do pensamento computacional à sociedade. Ela salienta que, além de oferecer artefatos de software e hardware, a Computação propôs “uma estrutura intelectual para o pensamento”, em que todos podem se beneficiar. Ao considerar o pensamento computacional uma habilidade fundamental como a leitura, escrita e aritmética, a autora usa o termo *pensamento computacional* como uma abreviatura para “pensar como um cientista da computação” (WING, 2014, 2017).

Sob essa concepção, Wing (2014, *n.p.*, tradução nossa) detalhou a definição anterior e, desde então, define pensamento computacional como “o processo de pensamento envolvido na formulação de um problema e na expressão de sua(s) solução(ões) de tal forma que um agente de processamento - humano ou máquina - possa executar com eficácia”. Portanto, retoma concepções anteriores acerca do processamento de informações que podem ser desenvolvidos por humanos e por máquinas.

Brackmann (2017, p. 29) sistematizou essas ideias de Wing (2006; 2008; 2010) e de outros autores. Para o autor,

o pensamento computacional é uma distinta capacidade criativa, crítica e estratégica humana de saber utilizar os fundamentos da Computação nas mais diversas áreas do conhecimento, com a finalidade de identificar e resolver problemas colaborativamente através de passos claros de tal forma que uma pessoa ou uma máquina possam executá-los eficazmente.

Nessa definição, Brackmann (2017) relaciona o pensamento computacional com as áreas e contextos da Computação. Para o autor, a codificação (programação em uma linguagem compreensível pelo computador) está inclusa na programação (sequência de decisões e instruções), que faz parte da Computação como área do conhecimento que busca: otimizar a solução de problemas, compreender o comportamento humano e projetar sistemas. E, por fim, a Computação está inclusa no pensamento computacional, que envolve: a abstração, em um nível mais alto da Computação; pensamento crítico; colaboração; criatividade e a capacidade de se expressar.

O autor ainda salienta que o pensamento computacional engloba competências relacionadas ao alfabetismo digital⁶ e à programação computacional, sendo que, em determinados aspectos, há uma relação entre ambos que promove a inclusão de um no outro. Com base nessa visão, Brackmann (2017, p. 31) ampliou a sistematização feita dos estudos de Wing, ao definir o pensamento computacional também como uma habilidade que “agrega práticas de projetar sistemas, entender o comportamento humano e o pensamento crítico”.

Essas características apresentadas por Brackmann (2017) convergem com Wing (2010), quando a autora apresentou como o desenvolvimento do pensamento computacional tem influenciado a vida diária, componentes curriculares e profissões de diferentes áreas do conhecimento. A esse respeito, Wing (2010) apresentou três benefícios dessa influência, a saber:

- A compreensão de quais aspectos do problema são passíveis de serem resolvidos computacionalmente, bem como das possibilidades e limitações das técnicas e ferramentas computacionais.
- Reconhecimento de oportunidade para a aplicação ou adaptação de estratégias computacionais para resolver problemas com natureza distintas.

⁶ Domínio da leitura e escrita nos meios digitais, que permitem que o indivíduo se expresse, pense e compartilhe (BRACKMANN, 2017).

- Reformulação dos problemas de modo que sejam passíveis as resoluções por estratégias computacionais, com vistas à otimização do processo de resolução.

De modo geral, esses benefícios estão relacionados à compreensão prática de como os cientistas da computação pensam (WING, 2016), e se delineiam nas discussões acerca dos limites dos computadores e da Computação. Acerca desses limites, Ribeiro *et. al.* (2013) reforçam que os computadores são limitados por aspectos relacionados ao tempo e espaço, enquanto a Computação é limitada por aspectos teóricos como a existência ou não de um algoritmo para resolver o problema. Assim, esses benefícios poderão ser promovidos quando compreendermos e utilizarmos os fundamentos da Computação sem estarmos apenas presos ao uso da máquina.

A esse propósito, Aho (2011) defendeu que o desenvolvimento do pensamento computacional consiste em utilizar modelos computacionais apropriados para formular e resolver problemas, de modo que seja possível determinar as suas soluções. Nesse sentido, Aho (2011) e Hoppe e Werneburg (2019) argumentam que o caminho está na compreensão desses modelos que exigem um conhecimento acerca dos fundamentos da Computação em relação àquilo que é computável.

O conceito de computabilidade está vinculado às limitações de recursos e de ambiente operacional dos computadores (SIPSER, 1996). Isso está relacionado com os limites discutidos por Ribeiro *et. al.* (2013) e com o que Wing (2006) se referiu quando descreveu que o pensamento computacional é uma habilidade de resolução de problemas tendo por base os limites da Computação.

Em Wing (2008), a autora aprofundou essa ideia ao pontuar que é preciso lidar com a questão das limitações da máquina para compreender os modelos computacionais. E, assim, desenvolver a abstração que permitirá utilizar os detalhes destacados para solucionar outros problemas. Desse modo, fundamenta o que preconizou Aho (2011) sobre a utilização desses modelos no desenvolvimento do pensamento computacional. A exemplificação dessa relação foi dada por Wing (2008), por apresentar a ideia de um ser humano e um computador que trabalham juntos como uma mesma máquina, a fim de resolverem o que, sozinhos, não seriam capazes.

Sternberg (2012) apontou que as pessoas que não possuem tal compreensão, apresentam dificuldades em utilizar esses modelos para resolver problemas, por não conseguirem estabelecer representações mentais. Bastos *et. al.* (2017, p. 33) complementaram com a afirmação de que “grande parte da dificuldade consiste em elaborar um plano, a fim de seguir sequencialmente uma série de passos que avancem cada vez mais próximo à solução”.

Hoppe e Wernenurg (2019) chamam a atenção para essa dificuldade de compreensão como sendo derivada de uma crença de que a compreensão dos conceitos da Computação deve se dar em contextos que exigem um nível alto de complexidade ou que os modelos computacionais foram simplificados demais. Os autores reforçam que há conceitos da Computação que não requerem o uso de aplicativos complexos para que possam ser vivenciados, como um ambiente interativo de jogo que requer a movimentação lógica de blocos e outros recursos.

Segundo Patton, Tissenbaum e Harunani (2019) e Kong (2019), o uso de ambientes interativos que requer a movimentação de componentes como os blocos do software Scratch⁷, do MIT App Inventor⁸ e do LogoBlocks, permitem que o usuário reflita sobre o problema ao qual se está em processo de resolver, ao invés de se preocupar com aspectos de software e de hardware. Segundo os autores, esses componentes são as abstrações centrais nesses ambientes e promovem uma compreensão dos métodos envolvidos na Computação.

Desse modo, se faz necessário compreender a Computação como ciência, isto é, área do conhecimento. Andrade *et al.* (2013) mencionaram três pilares nos quais a Computação está fundamentada, a saber:

- *abstração*: processo de extrair características importantes do problema.
- *automação*: uso de meios que requerem instruções corretas para colocar em prática os aspectos abstraídos, ao executar uma tarefa.
- *análise*: estudo dos resultados obtidos com a automação.

Nessa mesma direção, Brennan e Resnick (2012) estruturaram o desenvolvimento do pensamento computacional em três dimensões:

⁷ <https://scratch.mit.edu/>

⁸ <https://appinventor.mit.edu/>

- *conceitos computacionais*: aspectos importantes para compreensão e uso de artefatos e ferramentas da Computação.
- *práticas computacionais*: ações de aplicação dos conceitos computacionais.
- *perspectivas computacionais*: generalização das práticas computacionais na resolução de problemas de outras áreas do conhecimento.

Os autores estruturaram essas dimensões, considerando que elas são necessárias para uma compreensão e incorporação da Computação nas práticas sociais. Na busca de estabelecer meios para se promover o desenvolvimento do pensamento computacional, Grover e Pea (2013) ampliaram essas dimensões, ao apresentar nove elementos presentes nesse desenvolvimento, que contribuem para sua avaliação, assim resumidos por Brackmann (2017, p. 32):

- Abstração e reconhecimento de padrões (incluindo modelos e simulações);
- Processamento sistemático da informação;
- Sistema de símbolos e representações;
- Noções de controle de fluxo em algoritmos;
- Decomposição de problemas estruturados (modularização);
- Pensamento iterativo, recursivo e paralelo;
- Lógica condicional;
- Eficiência e restrições de desempenho;
- Depuração e detecção de erro sistemático.

Com base nesses nove elementos e nas reflexões obtidas com a implantação da Computação no currículo nacional britânico, Csizmadia *et. al.* (2015), Liukas (2015) e pesquisadores associados ao Code.Org (2015) e BBC Learning (2015) identificaram que, em geral, o desenvolvimento do pensamento computacional é pautado em quatro pilares que são decorrentes dos conceitos apresentados por Grover e Pea (2013). Além disso, possibilitam o desenvolvimento das dimensões de Brennan e Resnick (2012) na formação do indivíduo. Esses quatro pilares são: *decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos*. Em relação a eles, Brackmann (2017, p. 33) explica que

O Pensamento Computacional envolve identificar um problema complexo e quebrá-lo em pedaços menores e mais fáceis de gerenciar (DECOMPOSIÇÃO). Cada um desses problemas menores pode ser analisado individualmente com maior profundidade, identificando problemas parecidos que já foram solucionados anteriormente (RECONHECIMENTO DE PADRÕES), focando apenas nos detalhes que são importantes,

enquanto informações irrelevantes são ignoradas (ABSTRAÇÃO). Por último, passos ou regras simples podem ser criados para resolver cada um dos subproblemas encontrados (ALGORITMOS).

A partir desse cenário, pesquisadores têm aprofundado os estudos relacionados ao pensamento computacional e Educação Básica, com vistas a ações que promovem o desenvolvimento desses quatro pilares. Essa perspectiva vai ao encontro de Kong (2016) ao postular a necessidade dessa divisão em pilares para que ocorra uma implementação sistematizada do pensamento computacional, na Educação Básica. Labusch, Eickelmann e Venemann (2017) reforçam que o desenvolvimento desses pilares envolve: a identificação e definição do problema, decomposição e coleta de dados, análise e representação, soluções de modelagem, depuração e pensamento algorítmico.

A esse respeito, Ferreira *et al.* (2015) e Brackmann (2017) pressupõem que a promoção do desenvolvimento do pensamento computacional passou a ter um caminho a seguir, uma vez que as suas ações estimuladoras passaram a ser conduzidas pelos quatro pilares. Esse caminho trouxe expectativas de ações que integram o desenvolvimento do pensamento computacional aos processos de ensino-aprendizagem em instituições escolares que não possuem infraestrutura tecnológica adequada, uma vez que esses pilares podem ser desenvolvidos, também, sem o uso do computador (FERREIRA *et al.*, 2015).

Na próxima subseção, apresentarei reflexões acerca de ações desenvolvidas por pesquisadores nacionais e internacionais, que trilharam esse caminho, com a intuito de promover o desenvolvimento do pensamento computacional na Educação Básica.

2.3 Pensamento computacional na Educação Básica

As pesquisas de Barcelos *et al.* (2015), Kalelioglu, Gülbahar e Kukul (2016), Valente (2016), Shute, Sun e Asbell-Clarke (2017), Avila *et al.* (2017), Santos, Araujo e Bittencourt (2018), Brackmann *et al.* (2020), Sassi, Maciel e Pereira (2021) e Gadanidis *et al.* (2021) têm evidenciado ações que buscam promover o desenvolvimento do pensamento computacional de estudantes da Educação Básica, no Brasil e em outros países. De modo geral, em todas as obras é apresentada a importância de iniciativas de instituições públicas e privadas para que esse tema seja

disseminado no contexto educacional e possa alcançar os grupos que criam as diretrizes e normas para a Educação Básica de cada país, como tem acontecido em países como: Estados Unidos, Inglaterra, Argentina, Coréia do Sul, Austrália, entre outros.

A esse respeito, Sanford e Naidu (2016), Shute, Sun e Asbell-Clarke (2017) e Labush e Eickelmann (2019), Santos (2021), Masiulionytė-Dagienė e Jevsikova (2022) defendem que tais ações são importantes e precisam ser disseminadas. Essa orientação é para que professores da Educação Básica possam ter apoio para articular as habilidades vinculadas ao desenvolvimento do pensamento computacional àquelas pertencentes às suas componentes curriculares específicas, para que os estudantes sejam estimulados a desenvolver esse modo de pensar.

Todavia, paralelo à trajetória apresentada, há pesquisas, na área de tecnologia e Educação, que demonstram o quanto, na última década, a presença de recursos computacionais em ambientes escolares tem intimidado os professores para o seu uso pedagógico. Além disso, tem exigido um olhar para a formação inicial e continuada de professores de modo que desenvolvam a cultura de integrar tais recursos às suas práticas profissionais, com vistas ao uso pedagógico que contribua com os processos de ensino e aprendizagem (ANDRADE, 2017; JAVARONI; ZAMPIERI, 2018; CUNHA, 2018; ZAMPIERI, 2018; SILVA, 2020; CHINELATTO, 2020).

Pesquisas também têm levantado questões acerca do envolvimento de estudantes para deixar de usar tais recursos apenas com a finalidade de interagir com outras pessoas, jogar e acessar redes sociais. Em vez disso, usá-los como meio do seu desenvolvimento conceitual (ONOFRE, 2016; CODE, 2015), bem como para a formação de habilidades e competências que são consideradas fundamentais para a formação do adolescente e estão preconizadas na BNCC (CONTI, 2017; BRASIL, 2017; LOPES, 2018).

Em busca de criar possibilidades da integração da cultura da Computação no cotidiano das pessoas, iniciativas têm sido realizadas, com o objetivo de disseminá-la na formação do cidadão por meio de projetos que promovem o desenvolvimento do pensamento computacional de estudantes, uma vez que se configura como uma habilidade para a presente era (BARR; HARRISSON; CORNEY, 2011). Também, são propostas ações que promovam a formação de professores para que possibilitem esse desenvolvimento por vias pedagógicas.

Países como Alemanha, Austrália, Brasil, Estados Unidos, Inglaterra, Singapura, Índia, entre outros, têm incorporado, em seus currículos nacionais da Educação Básica, orientações e ações que visam promover o desenvolvimento do pensamento computacional de estudantes por meio de uma maior exposição ao tema (BRACKMANN, 2017; ORTIZ; PEREIRA, 2019; ALMEIDA; VALENTE, 2019; SEOW *et al.*, 2019; IYER, 2019; GADANIDIS *et al.*, 2021). Barr e Stephenson (2011) afirmam que esse processo é complexo, pois exige: uma mudança sistêmica e gradual, envolvimento dos professores, desenvolvimento de recursos significativos e colaboração com a comunidade científica de Computação.

Projetos governamentais e de sociedades científicas, como a Sociedade Brasileira de Computação (SBC), também promovem a disseminação da cultura da Computação em ambientes educacionais por meio de ações que visam a sua integração na formação do estudante e na vida cotidiana. Para Barr, Harrison e Conery (2011), é importante que estudantes tenham a possibilidade de conhecer os fundamentos da Computação e de desenvolver o pensamento computacional para que possam compreender como, quando e onde os computadores e outras ferramentas digitais podem ajudar a resolver problemas.

Pesquisadores de instituições de ensino brasileiras têm contribuído com o tema, ao desenvolver projetos e pesquisas junto às escolas. Um exemplo disso pode ser constatado no projeto intitulado “Pensamento Computacional e a interdisciplinaridade em sala de aula”, aprovado sob o Edital n.º 2/2018 da Pró-reitoria de Extensão Universitária da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Sua execução se constituiu em um espaço formativo com professores que atuavam nas áreas de Ciências Humanas, Linguagens e Códigos, Ciências da Natureza e Matemática de uma escola pública, pertencente ao Programa Ensino Integral (PEI), localizada no município de Rio Claro/SP. O objetivo foi promover um espaço colaborativo com os professores, de modo que pudessem produzir conhecimento sobre a integração do pensamento computacional em suas abordagens pedagógicas de modo interdisciplinar.

Por meio desse projeto, ocorreram 10 encontros com os professores, em que foram desenvolvidas ações de leituras, reflexões e discussões sobre o tema. A condução proposta foi de modo a que eles pudessem elaborar suas próprias concepções sobre pensamento computacional, mediante suas experiências pedagógicas, visando aproximar ainda mais o desenvolvimento desse tema ao

currículo da Educação Básica. Ao final, os professores elaboraram ações interdisciplinares que proporcionavam o desenvolvimento do pensamento computacional de estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental (SILVA; ZAMPIERI; JAVARONI, 2019; ZAMPIERI *et al.*, 2023, no prelo; SIQUEIRA *et al.*, 2021).

Outro projeto, que participamos, se intitula “Espaço formativo com professoras do 5º ano, voltado para a integração do Scratch Júnior em suas práticas de ensino”. Tinha o objetivo principal de fomentar a reflexão de duas professoras do 5º ano de uma escola municipal de Ensino Fundamental do município de Cerquilha/SP, acerca do uso e das contribuições de ambientes computacionais para os processos de ensino-aprendizagem em contextos interdisciplinares.

Esse espaço formativo possibilitou reflexões sobre a importância de promover, aos estudantes, a cultura de não serem apenas consumidores da tecnologia digital que lhe é ofertado pelo ambiente social, mas de promover as condições para que eles se apropriem dos conceitos científicos, em seu mais alto nível de desenvolvimento, produzidos pela humanidade. As discussões também permitiram a reflexão acerca do papel do professor nesse processo de promover a integração da cultura da Computação às suas práticas pedagógicas (SILVA; ABREU; JAVARONI, 2020).

Embora eu tenha mencionado esses dois projetos, nos quais estive envolvido, outros projetos foram e estão sendo realizados por pesquisadores de diversas instituições de ensino com o mesmo intuito de promover a integração do desenvolvimento do pensamento computacional em ações educativas. Apesar de ser uma grande quantidade de projetos e ações que não mapearei com precisão nesta tese, alguns deles serão mencionados no decorrer desta e de seções seguintes.

Em Javaroni e Silva (2023, no prelo), há relatos de iniciativas de formação de professores e ações que visam o desenvolvimento cognitivo de estudantes da Educação Básica, do Ensino Superior e da Educação de Jovens e Adultos (EJA), realizados no Brasil e em Portugal. Os autores reuniram pesquisadores da área da Educação e da Ciência da Computação que compõem a obra, a fim de promover uma diversidade de olhares sobre o tema e, principalmente, com apresentação de ações que viabilizam o desenvolvimento do pensamento computacional nos contextos mencionados.

Martins e Eloy (2019) reúnem, em sua obra, pesquisadores brasileiros, que têm se debruçado nesse tema, com apresentação de resultados de pesquisas, ações formativas e relatos de experiências inovadoras realizadas na Educação Básica. Para os autores, a iniciativa está posta, no entanto, ainda há uma ação de união das várias instituições e grupos de pesquisas para que essa disseminação seja realizada de forma integral, em todo o país.

Para apoiar essa disseminação, a SBC começou a preconizar, em 2008, o pensamento computacional como um dos eixos para abordar os conhecimentos da área da Computação na Educação Básica. Nisso, envolve a abstração na resolução de problemas, representação da informação e processos, automação de dados e de programas, bem como a análise quantitativa e qualitativa de problemas e suas soluções (RIBEIRO *et al.*, 2019).

Das 10 competências gerais da BNCC, apresentadas no Quadro 1, a seguir, Ribeiro *et al.* (2019), apontam que o desenvolvimento do pensamento computacional na Educação Básica contribui diretamente para a formação de três competências gerais: a competência 2, sistematizada com o título “pensamento científico, criativo e crítico”, a competência 7, nomeada de “argumentação”, e a competência 10 resumida em “responsabilidade e cidadania”.

Quadro 1. Competências Gerais da Educação Básica (Brasil, 2022)

Competência 1:	Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
Competência 2:	Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

Competência 3:	Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.
Competência 4:	Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital -, bem como conhecimentos das linguagens artísticas, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.
Competência 5:	Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
Competência 6:	Valorizar a diversidade de saberes e vivência culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
Competência 7:	Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.
Competência 8:	Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.

Competência 9:	Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.
Competência 10:	Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

Fonte: elaborado pelo autor

No quadro 2, a seguir, apresento a relação que Ribeiro *et. al.* (2019) teceram acerca da contribuição do desenvolvimento do pensamento computacional de estudantes, para a formação de competências gerais da Educação Básica.

Quadro 2. Contribuição do desenvolvimento do pensamento computacional para a formação de competências gerais da BNCC

Competência Geral da BNCC	Contribuição
Competência 2: pensamento científico, criativo e crítico	Desenvolvimento da “capacidade de compreender, definir, modelar, comparar, solucionar, automatizar e analisar problemas (e soluções) de forma metódica e sistemática, através da construção de <i>algoritmos</i> ” (RIBEIRO <i>et. al.</i> , 2019).
Competência 7: argumentação	Formação da “habilidade de construir argumentações consistentes e sólidas” (RIBEIRO <i>et. al.</i> , 2019).
Competência 10: responsabilidade e cidadania	Promoção do domínio do Mundo Digital e compreensão da Cultura Digital, que fornece ao estudante “condições de agir com consciência e cidadania no mundo do século XXI” (RIBEIRO <i>et. al.</i> , 2019).

Fonte: elaborado pelo autor.

Acerca dessa relação do desenvolvimento do pensamento computacional com a formação de competências que estão preconizadas na BNCC como essenciais para a formação do cidadão, durante a Educação Básica, Kaminski e Boscarioli (2019, p. 145) ressaltam que ao permitir que os estudantes tenham acesso ao conhecimento científico e técnico, que foi historicamente construído pela sociedade, possibilita que eles “tenham condições e se tornem capazes de discutir e opinar criticamente como cidadãos atuantes e participativos”.

Os autores apontam, ainda, que a escola precisa realizar esse papel de proporcionar, aos estudantes, o contato com tal conhecimento e ajudá-los no processo de sistematizá-lo. Para isso, defendem a estruturação de um ensino que promova o desenvolvimento das capacidades mencionadas por Ribeiro *et. al.* (2019) ao tecer as contribuições do pensamento computacional para a formação das competências gerais da BNCC (KAMINSKI; BOSCARIOLI, 2019).

Em 2011, a Computer Science Teachers Association (CSTA) e a International Society for Technology in Education (ISTE) elaboraram a proposta intitulada *Computational Thinking Teachers Resources* (CSTA, 2011), como a primeira proposta de modelo para abordar o pensamento computacional nas escolas. O objetivo era provocar uma reestruturação no ensino da Educação Básica de modo que englobasse o desenvolvimento das capacidades que, anos depois, Ribeiro *et. al.* (2019) e kaminski e Boscarioli (2019) defenderam em seus trabalhos.

Essa proposta foi resultado de ações que visaram apresentar tarefas para a exploração dos nove conceitos presentes na definição operacional de pensamento computacional apresentada pelo CSTA (2011), que concebe pensamento computacional como um processo de resolução de problemas, com as seguintes características:

- Formulação de problemas que possam ser resolvidos com o uso de um computador ou outras ferramentas;
- Organização lógica e análise dos dados;
- Abstração dos dados e sua representação por meio de modelos e simuladores;
- Automatização das abstrações por meio de pensamento algoritmo;
- Identificação, análise e implementação de soluções de modo otimizado, que combina passos e recursos de modo eficiente e eficaz;

- Generalização das soluções e aplicação em outros problemas.

Hoppe e Werneburg (2019) indicam que as três primeiras características enfatizam a modelagem computacional como parte do processo de resolução de problemas. Ressaltam a importância de se compreender os modelos computacionais e as dimensões conceitos e práticas computacionais, discutido anteriormente.

Essa definição operacional da CSTA (2011) apresenta nove conceitos básicos vinculados ao pensamento computacional, sendo: (i) coleta de dados adequados ao problema; (ii) análise desses dados; (iii) representação e organização dos dados após a análise; (iv) decomposição do problema em partes menores de modo que consiga realizar uma análise otimizada das informações obtidas; (v) abstração para que seja possível obter a ideia principal do problema ao qual pertencem os dados; (vi) estabelecimento de uma sequência algorítmica com esses dados para alcançar o objetivo; (vii) uso de computadores ou máquinas para automatizar o processo de análise dos dados do problema; (viii) organização de recursos para que as tarefas sejam realizadas simultaneamente, tendo a finalidade do objetivo comum; (ix) representação ou modelagem dos dados por meio da simulação.

Essa iniciativa popularizou o uso da programação como um dos principais meios para o processo de ensino-aprendizagem do pensamento computacional, mesmo sabendo que Wing (2006; 2008; 2010) popularizou o tema definindo-o como algo além da capacidade de programar um computador (BOMBASAR; RAABE; SANTIAGO, 2017). É a computabilidade da máquina que precisa ser considerada, além de recorrer à abstração dos modelos computacionais para que o ser humano possa usar os detalhes principais na resolução de outros problemas. Wing (2006; 2008; 2010) tem como foco os aspectos da Ciência da Computação e não os específicos da programação por si só (ALMEIDA; VALENTE, 2019).

Apesar das primeiras iniciativas de implantação de ações que promovessem o desenvolvimento do pensamento computacional na Educação Básica tenham envolvido o uso de programação, a ideia de que essa estratégia contribui para o desenvolvimento cognitivo foi, anteriormente, preconizada por Papert (1986, p. 3). Este autor elucida que o uso de ambientes de programação permite que a criança articule “o trabalho de sua própria mente e, particularmente, a interação entre ela e a realidade no decurso da aprendizagem e do pensamento”.

As ideias acerca das contribuições da Computação para o desenvolvimento cognitivo de estudantes, desenvolvidas por anos, influenciam, nos dias de hoje, os estudos sobre pensamento computacional. Gadani *et al.* (2021) concebem que as pesquisas sobre pensamento computacional na Educação Básica reavivaram as discussões tecidas anteriormente por diversos pesquisadores acerca da programação e robótica para a produção de conhecimento. Tais ideias ficaram adormecidas por um tempo devido às características e demandas sociais, como discutido, anteriormente, nesta tese. E, agora, retomam e conduzem esse diálogo para um novo caminho com possibilidades de avanço, em termos de como a relação com essa ciência pode contribuir com a ação cognitiva do ser humano, para além do uso da máquina e de ambientes de programação.

Lu e Fletcher (2009) e Grover, Cooper e Pea (2014) argumentam que é preciso iniciar as ações que visam promover o desenvolvimento do pensamento computacional na Educação Básica por meio de tarefas que irão estimular a compreensão das bases da Computação, ao invés de iniciar com tarefas de programação. Essa compreensão pode ser fomentada por meio de tarefas que proporcionem o contato com vocabulários e símbolos que podem ser utilizados para descrever ações computacionais e abstrações (BARR; STEPHENSON, 2011).

Contudo, essas ações que viabilizam o desenvolvimento do pensamento computacional de estudantes, requerem a incorporação ao currículo escolar de modo que os estudantes possam experienciar a resolução algorítmica de problemas, com a utilização de modelos e ferramentas computacionais. Importa considerar as contribuições dessas ações para a abordagem dos conteúdos escolares e possibilitar uma organização do pensamento de forma que seja propiciada a formação e uso de habilidades relacionadas à Computação na resolução de problemas (HOOD; HOOD, 2005; BARR; STEPHENSON, 2011; CSTA, 2011; VALENTE, 2016; BARCELO *ET. AL.*, 2018; EICKELMANN, 2019; EZEAMUZIE *et. al.*, 2022).

Valente (2016) menciona que o desenvolvimento do pensamento computacional, na Educação Básica, pode ser propiciado por meio de atividades sem o uso de tecnologias digitais. Para tanto utilizam-se tarefas impressas, materiais concretos, entre outros e, também, pode ser propiciado por meio da programação *Scratch*, do uso de robótica, da produção de narrativas digitais, da criação de jogos e softwares de simulações. O autor ressalta que, após um levantamento realizado

em relação à integração do pensamento computacional no currículo da Educação Básica e ações de pesquisadores, em diversos países, observou que ele é abordado de três modos:

- (i) por meio de atividades focadas no desenvolvimento de habilidades da Computação, como, por exemplo, de programar;
- (ii) por meio de uma componente curricular específica que aborda os funcionamentos das tecnologias digitais, seus impactos e relação com a sociedade, bem como os fundamentos da Computação que estão presentes no desenvolvimento dessas tecnologias e possibilitam a resolução de problemas em interação com a máquina;
- (iii) por meio de ações transversais ao currículo, focadas no uso de ferramentas e ideias da Computação para criar e desenvolver projetos, resolver problemas e desenvolver habilidades e competências gerais à formação do cidadão, e/ou específicas de componentes curriculares, de forma a instigar os estudantes a estabelecerem tais conexões com seus contextos culturais.

Esses modos, apresentados por Valente (2016), estão presentes em pesquisas realizadas na Educação Básica, que tem como um dos objetivos específicos a disseminação e o incentivo de ações que visam estimular o desenvolvimento do pensamento computacional, nesse contexto. Na pesquisa de Souza (2021), por exemplo, o pesquisador elaborou tarefas que foram desenvolvidas por estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental, com o intuito de ensiná-los a programar no software Scratch e, com base nessa ação, abordar conteúdos matemáticos que estivessem relacionados aos comandos da programação.

Assim como Souza (2021), as pesquisas de Bessa (2020) e Azevedo (2022) possuem a característica do primeiro modo apresentado por Valente (2016). Bessa (2020) realizou encontros com estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental, com o intuito de observar as habilidades do pensamento computacional, desenvolvidas ao criarem jogos digitais por meio do software *Scratch* e observar as possíveis relações com habilidades matemáticas.

Azevedo (2022) também teve como foco a realização de tarefas focadas no fomento de habilidades da Computação, como a habilidade de programar, ao proporcionar que estudantes do Ensino Médio desenvolvessem o pensamento

computacional, durante a criação de jogos associados a dispositivos robóticos com o objetivo final de contribuir com o tratamento de Parkinson.

A pesquisa de Silva (2018) se aproxima ao terceiro modo apresentado por Valente (2016). O pesquisador utilizou tarefas que envolviam o uso de robótica e programação por meio do software *Scratch for Arduino* (S4A), bem como Material Dourado, para investigar a formação de conceitos matemáticos referente ao resto da divisão euclidiana e a congruência entre dois números naturais (módulo n). Estes são conteúdos específicos da componente curricular Matemática, o que proporciona, assim, o uso de ferramentas e ideias da Computação no processo de formação de conceitos matemáticos.

A pesquisa de Santos (2021) também evidencia o terceiro modo apresentado por Valente (2016). A autora conduziu momentos formativos com dois professores de Matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental, que realizaram tarefas que, visavam proporcionar o estudo do Teorema de Pitágoras com o auxílio do software GeoGebra. Também, propôs o estudo do diâmetro e comprimento de circunferência, com base em um modelo matemático com informações sobre a confecção e verificação da qualidade de um pneu.

Esse terceiro modo, apresentado por Valente (2016) referente à integração do pensamento computacional na Educação Básica, é concernente com as indicações de Tedre e Denning (2016), ao alertarem os pesquisadores e professores para não propagar a ideia de que a Computação é igual a programação. Nesse sentido, as ações realizadas em contextos educacionais, com vistas ao desenvolvimento do pensamento computacional, vão além daquelas que usam recursos computacionais. Mais uma vez, o foco está nos fundamentos da Computação e na compreensão da computabilidade da máquina e seus modelos, de modo a otimizar e auxiliar a resolução de diversos problemas, que envolvem a dimensão das perspectivas computacionais elencada por Brennan e Resnick (2012).

Nesta proposição apresentada por Tedre e Denning (2016), uma possibilidade de se promover o desenvolvimento do pensamento computacional na Educação Básica, para além do que foi citado por Valente (2016), é a abordagem desplugada. A realização de ações desta natureza permite que os estudantes tenham contato com os conceitos da Computação por meio “da aprendizagem cinestésica (e.g. movimentar-se, usar cartões, recortar, dobrar, colar, desenhar, pintar, resolver enigmas, etc.)” (BRACKMANN, 2017, p. 50). De acordo com Labusch, Eickelmann e

Vennemann (2017), o uso dessa abordagem tem como foco principal a resolução de problemas e a formação de habilidades cognitivas, apoiadas pelos fundamentos da Computação.

No Brasil, de modo geral, ações plugadas e desplugadas estão sendo fomentadas por instituições de ensino, pesquisadores e iniciativas privadas, a fim de contribuir com a integração do pensamento computacional ao currículo da Educação Básica. A BNCC apresenta o pensamento computacional como tema transversal ao Ensino Fundamental, indo ao encontro do terceiro modo apresentado por Valente (2016). Quanto ao Ensino Médio, o pensamento computacional se faz presente em habilidades que abordam tanto o primeiro quanto o terceiro modo.

Uma iniciativa do Centro de Inovação para a Educação Brasileira (Cieb) propôs um currículo de tecnologia e Computação para o Ensino Fundamental e um itinerário formativo em tecnologia e Computação para o Ensino Médio, a fim de apoiar o modo pelo qual o pensamento computacional pode ser articulado com as habilidades preconizadas na BNCC, como um eixo estruturante. A Sociedade Brasileira de Computação tem se aproximado de ações do Ministério da Educação e Cultura (MEC) a fim de aproximar o ensino de Computação à Educação Básica (SBC, 2019), com o fim de potencializar as contribuições do desenvolvimento do pensamento computacional para a formação dos estudantes.

As ações da SBC vão ao encontro das perspectivas da CSTA (2011), Brennan e Resnick (2012) e Kong (2016) que defendem a integração do pensamento computacional no currículo da Educação Básica, por meio de componentes curriculares que tenham o objetivo específico de ensinar sobre Computação e, consequentemente, pensamento computacional. Até meados do segundo semestre de 2022, o que estava previsto para o cenário brasileiro, de acordo com a BNCC, era o desenvolvimento do pensamento computacional permeado às habilidades específicas de áreas do conhecimento, principalmente, da Matemática.

Mas em 03 de outubro de 2022 foi publicado no Diário Oficial da União (DOU) a homologação do Parecer CNE/CEB Nº2/2022 que estabelece normas para o ensino de Computação na Educação Básica, indicando as habilidades que precisam ser incorporadas à formação dos estudantes da Educação Infantil ao Ensino Médio, no que diz respeito aos eixos: pensamento computacional, mundo digital e cultura digital. Com esse documento, as habilidades vinculadas ao fomento do desenvolvimento do pensamento computacional passaram a ser consideradas à

formação integral do estudante, não estando mais vinculada apenas à área da matemática.

Essa reestruturação no sistema de ensino brasileiro dialoga com o relatório “Reimaginar nossos futuros juntos: um novo contrato social para a Educação” (UNESCO, 2022), que aponta direcionamentos para a incorporação do desenvolvimento do pensamento computacional nos contextos educacionais visando a formação de um cidadão que compreenda a estrutura simbólica e ações dessa área do conhecimento que está cada vez mais impregnada em nossas relações sociais.

A reestruturação originada pelo complemento à BNCC, referente à incorporação de diretrizes para o ensino de Computação na Educação Básica, também dialoga com Barr e Stephenson (2011) que defendem a presença do pensamento computacional na Educação Básica de modo que ele esteja presente em todo o currículo, sendo desenvolvido em diversas situações, promovidas pelos professores, para a formação de habilidades específicas de diversas áreas do conhecimento. Nessa direção, Silva, Zampieri e Javaroni (2019) apoiaram professores de diferentes áreas do conhecimento na realização de tarefas que estimulavam o desenvolvimento do pensamento computacional de estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Como resultado, os autores apontaram as contribuições desse desenvolvimento cognitivo para o processo de ensino-aprendizagem das componentes curriculares envolvidas nas tarefas realizadas.

Nesse mesmo sentido, encontra-se essa pesquisa de doutorado. Corroboro que o desenvolvimento do pensamento computacional dos estudantes deva ser propiciado no momento de realização de ações vinculadas a componentes curriculares específicos que compõem o currículo da Educação Básica, de modo que possam aproveitar das contribuições desse desenvolvimento para a formação do pensamento conceitual.

Especificamente, meu olhar está para o desenvolvimento do pensamento computacional de estudantes ao realizarem tarefas com conteúdo matemático e para a contribuição desse desenvolvimento para a formação de conceitos matemáticos. Para isso, é necessário refletir sobre a estrutura dessas tarefas para que elas estimulem esse desenvolvimento cognitivo e promovam a formação de habilidades matemáticas.

Portanto, as ações realizadas com os estudantes participantes dessa pesquisa foram elaboradas com base em uma perspectiva de pensamento computacional que busca articular as ideias apresentadas anteriormente, acerca desse tema, com ideias sobre o desenvolvimento do pensamento conceitual de polígonos regulares, à luz da teoria Histórico-Cultural. A seguir, discorro sobre essa perspectiva.

2.4 Um olhar para a perspectiva desta tese

Com o exposto nas seções anteriores, importa notar que – ao popularizar o termo e apresentar sua concepção, bem como seus aprofundamentos – Wing (2006; 2008; 2010; 2014; 2017) o definiu na relação com o modo de pensar e agir dentro da Computação. No entanto, questionamentos são postos referentes às características cognitivas, que fazem parte dos estudos e ações das ciências cognitivas, como a psicologia.

Disessa (2018) e Valente (2019; 2023, no prelo) chamam a atenção para a não contemplação, nas publicações de Wing, de estudos referentes aos impactos da Computação ao desenvolvimento cognitivo, realizados anteriormente à 2006, o ano em que ele apresentou sua primeira definição para o termo pensamento computacional. Setzer (2006, *n.p.*) criticou o movimento de integração do pensamento computacional em contextos escolares, sem um olhar psicológico para esse desenvolvimento, por compreender que, em geral, nesses contextos, essa integração ocorre “antes que seu intelecto esteja maduro para isso”.

Para Setzer (2006), a imposição do desenvolvimento do pensamento computacional anterior ao desenvolvimento do pensamento formal e abstrato, pautado em uma estreita relação ao modo que o cientista da Computação pensa, como foi definido à priori por Wing (2006), não promove ao pensamento o envolvimento dos sentimentos presentes nas observações realizadas, ao estar em contato com o ambiente, que são importantes para o desenvolvimento do ser humano.

Esse olhar para o desenvolvimento do pensamento computacional, que busca relacionar aspectos psicológicos da cognição com o que foi preconizado por pesquisadores da área da Computação, é a base para a concepção de pensamento computacional adotada nesta tese. Essa perspectiva foi concebida por meio de

minhas experiências como pesquisador acerca da temática, desde a realização da pesquisa de mestrado (SILVA, 2018).

Na oportunidade, elaborei e apliquei tarefas que possibilitam o desenvolvimento do pensamento computacional, realizadas com estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Essa ação adicionada à atuação como profissional responsável pela criação de programas de formação, em serviço, de professores e programas curriculares, que abordam habilidades e competências para o desenvolvimento do pensamento computacional, nos Anos Finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio, me apoiou na condução e escolhas realizadas nesta pesquisa de doutoramento.

A perspectiva, adotada nesta pesquisa, é pautada nos estudos de Vygotski (2014 – Tomo II e VI) acerca da consciência e do desenvolvimento das funções psíquicas superiores. Para o autor, a consciência é o todo e as diferentes funções psíquicas se relacionam indissociavelmente no desenvolvimento da atividade intelectual. Portanto, não se concebe analisar o pensamento de modo isolado. Analisá-lo requer considerar os princípios: análise do processo, análise genotípica, isto é, voltada ao processo de mudança, e atenção para o que diz respeito à fossilização de determinada conduta. Em suma, se refere olhar para a relação entre diferentes funções, sendo uma delas a linguagem, e classes de atividade da consciência.

A relação entre o pensamento e a linguagem caminha durante o processo de desenvolvimento, tanto em quantidade como em qualidade. Em outras palavras, a evolução da linguagem e o pensamento não é paralela e nem uniforme. Suas curvas de crescimento se juntam e separam repetidas vezes, se cruzam, durante determinados períodos se alinham em paralelo e chegam inclusive a fundir-se em algum momento, voltando a bifurcar-se em continuação (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 91, tradução nossa).

Essa relação entre pensamento e linguagem, durante o processo de desenvolvimento, foi analisado por Vygotski (2014 – Tomo II) com base em autores que investigaram essas duas funções psíquicas à luz da filogênese⁹ e da ontogênese¹⁰. Na filogênese, é possível reconhecer uma fase pré-linguística no desenvolvimento da inteligência, enquanto na ontogênese, essa fase é constatada no desenvolvimento do pensamento. A fase pré-linguística é conhecida pelo uso

⁹ Desenvolvimento da espécie humana. Envolve as definições dos limites e das possibilidades do funcionamento psicológico, como o andar (possibilidade) e o voar (limite).

¹⁰ Desenvolvimento do ser, isto é, descreve as mudanças de forma durante o desenvolvimento do indivíduo.

rudimentar de instrumentos na realização de diferentes tarefas, sem relação com o desenvolvimento da linguagem.

Em ambos, filogênese e ontogênese, há uma fase pré-intelectual no desenvolvimento da linguagem, caracterizada pelo balbuciar da criança, os gritos e as primeiras palavras. Tanto no desenvolvimento filogenético quanto no desenvolvimento ontogenético, o pensamento e a linguagem apresentam diferentes raízes genéticas e seguem linhas distintas e independente um do outro até o momento em que elas se encontram e a linguagem se faz intelectual e o pensamento se faz verbal, que passa a se realizar por meio da linguagem.

Esse momento em que a linguagem se faz intelectual, isto é, desenvolve-se a linguagem interna, é importante para o desenvolvimento do pensamento e isso ocorre porque varia a função da linguagem. Segundo Vygotski (2014 – Tomo II), a passagem da linguagem externa para a linguagem interna ocorre em quatro etapas, a saber: etapa primitiva ou natural, etapa da psicologia ingênua, etapa do signo externo e a etapa do crescimento interno.

A primeira etapa, conhecida por etapa primitiva ou natural, “corresponde à linguagem pré-intelectual e ao pensamento pré-verbal” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 108). Ou seja, as ações do indivíduo se apresentam tal como eram nas primeiras fases de seu comportamento em contato com outro ser humano em seu contexto cultural. A segunda etapa, intitulada de psicologia ingênua, é caracterizada pelo uso, por parte do indivíduo, de instrumentos, que contribui para a formação da sua experiência ingênua psíquica, proporcionada pelo desenvolvimento de ações práticas realizadas externamente.

Essa etapa é delineada com extraordinária nitidez na evolução geral da linguagem da criança e se manifesta no fato de que o domínio das estruturas e formas gramaticais precede o domínio das estruturas e operações lógicas correspondentes a essas formas. (VYGOTSKI, 2014, p. 109, tradução nossa).

Nessa etapa, o indivíduo domina a estrutura da linguagem antes mesmo de dominar as relações causais. Isso implica dizer que o indivíduo domina a sintaxe da linguagem antes da sintaxe do pensamento (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II). É importante a compreensão da referida etapa e da relação entre a linguagem e o pensamento, pois, o desenvolvimento desse domínio da sintaxe da linguagem permitirá que o indivíduo utilize operações externas para resolver tarefas psíquicas.

Por exemplo, o uso dos dedos para realizar contagem, que é a característica da terceira etapa, chamada de “signos externos”.

A etapa do crescimento interno é o momento correspondente ao desenvolvimento da fala interna do indivíduo e do pensamento verbal, ou seja, a operação externa desenvolvida na etapa anterior, se converte em interna. É caracterizada pelo desenvolvimento da memória lógica, que promove relações internas no indivíduo em forma de signos interiores. Nessa etapa, o indivíduo precisa estar em constante interação, pois, é na interação existente entre as operações externas e internas, que ocorre a passagem entre elas (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II). A respeito da formação da linguagem interna, Vygotski (2014 – Tomo II, p. 116, tradução nossa) concluiu que ela

[...] se desenvolve mediante a acumulação de prolongadas trocas funcionais e estruturais, que se derivam da linguagem externa da criança a medida que se diferenciam as funções sociais e egocêntricas da linguagem e que, finalmente, as estruturas da linguagem que a criança assimila se convertem nas estruturas fundamentais do seu pensamento.

A partir dessa etapa, é possível conceber, erroneamente, que o indivíduo crescerá e viverá sua fase adulta tendo sempre essa relação da linguagem com o pensamento. Vygotski (2014 – Tomo II) reforça que, para além do momento em que a linguagem e o pensamento se coincidem (denominada como a esfera do pensamento verbal), há momentos em que se desenvolvem processos de pensamento e de linguagem independentes entre si, como pode ser observado na Figura 1

Figura 1 – Relação entre pensamento e linguagem



Fonte: elaborado pelo autor

Ao analisar a Figura 1, é possível observar que há tipos de pensamento que não apresentam uma relação direta com o pensamento verbal, como é o caso do pensamento instrumental, pensamento técnico e a intelecto prático. Do mesmo modo, há tipos de linguagem que não apresentam uma relação direta com a linguagem intelectual, como a linguagem emocional-expressiva e a linguagem lírica.

A região de intersecção é a representação do momento em que pensamento e linguagem se coincidem e a linguagem se faz intelectual e o pensamento se faz verbal. Por isso, como apresentado anteriormente, a relação entre pensamento e linguagem possui diferentes linhas independentes que podem se cruzar, podem se sobrepor e podem seguir direções opostas. A conclusão é que a fusão entre essas duas funções psíquicas só tem força e valor se ocorrer na esfera do pensamento verbal, independentemente da idade do indivíduo.

A relação entre pensamento e linguagem – enunciada por Vygotski (2014 – Tomo II), bem como as ideias e termos chaves da teoria Histórico-Cultural apresentadas na seção 1.2 desta tese – fundamentam a investigação que está sendo relatada nesta tese. Podemos observar, de acordo com o exposto que, para o pensamento ser desenvolvido, é importante a ocorrência da passagem da linguagem externa para a linguagem interna, porém, de forma gradativa por meio das relações sociais que o indivíduo estabelece com o outro.

Como enunciado na seção 1 desta tese, tal relação será mediada pelos instrumentos culturais, que foram historicamente produzidos e inseridos no ambiente cultural onde ela ocorre. Movido pela compreensão que todo ser humano é um ser cultural, alguns questionamentos me conduziram na constituição dessa investigação:

1. O estudante que está inserido em um ambiente onde suas relações sociais são mediadas por instrumentos culturais materiais (celulares, computadores, jogos, etc.) e instrumentos psicológicos (termos como decompor, padrões, fazer por etapas, programar, depurar, automatizar, etc), ambos oriundos da Computação, incorporam a cultura da Computação às suas funções naturais ao ponto de possibilitar modificações ao modo de pensar?

2. Nesse ambiente cultural, a presença e a apropriação de signos computacionais para se relacionar com o outro ser humano, possibilita o desenvolvimento de instrumentos psicológicos (linguagem) com essas características computacionais?
3. Nesse ambiente cultural em que a linguagem interna será desenvolvida mediada pelos signos computacionais, presentes nas relações sociais do estudante com seus pares, o pensamento também sofre modificações, dada a variação da função da linguagem. Então, o pensamento pode se modificar e organizar de acordo com essa cultura computacional?

Essas conjecturas mostram o processo histórico de constituição dessa investigação, que assume o termo pensamento computacional como algo propiciado pelas modificações que o ambiente cultural, munido de signos e instrumentos computacionais, pode causar às funções do indivíduo e se manifestam em suas relações sociais. Mais à frente expandirei essa concepção.

Segundo Fossile (2010), a linguagem fornece os conceitos e as formas de organização do real que constituem a mediação entre o sujeito e o objeto do conhecimento. A linguagem é construída durante a história social do homem, tendo influência do meio onde ele vive e das suas interações.

Assim, ao considerar o processo histórico que concebeu a Computação e o modo que ela se faz presente nas relações sociais do ser humano, parafraseio Fossile (2010): “a linguagem computacional fornece os conceitos e as formas de organização da Computação, que constituem a mediação entre o usuário e o computador ou outros dispositivos do gênero”.

Vygotski (2014 – Tomo II, p. 216, tradução nossa) afirma que o pensamento “evolui em função do domínio dos meios sociais do pensamento, ou seja, em função da linguagem”. Ainda, acrescenta que, em relação ao desenvolvimento da linguagem interna e o pensamento verbal, ele “não é simplesmente continuação direta de outro, sem que seja modificado também sua própria natureza, passando do desenvolvimento biológico ao sócio-histórico” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 117, tradução nossa).

A presença dos signos, pertencentes à essa linguagem, no ambiente cultural do estudante de modo a orientar suas ações sociais, possibilitará que a linguagem externa assuma um caráter psicológico que orientará e modificará o percurso de desenvolvimento do pensamento. À luz dos referenciais que ancoram essa tese, o

pensamento que será desenvolvido é o que chamamos de pensamento computacional.

Desse modo, não basta utilizar recursos computacionais na realização da atividade externa para que ocorra o desenvolvimento do pensamento computacional. É necessário que o uso desses instrumentos ocorra na interação do estudante com o outro e promova a passagem da atividade externa em interna, sob a mediação simbólica que se estabelece nessa relação e pautada nos fundamentos da Computação.

Para Vygotski (2014 – Tomo II, p.116, destaque do autor), “a dependência que tem o desenvolvimento do pensamento e da linguagem respeita os *meios do pensamento* e a experiência sociocultural”. Tal conclusão do autor é relevante para essa tese, pois reforça o pressuposto: mais do que se apropriar do recurso externo, o estudante precisará se apropriar da cultura computacional, junto com seus signos e significados sociais, como condição para o desenvolvimento do pensamento computacional.

Por essa razão, ao planejar ações em contextos educacionais que visem o desenvolvimento do pensamento computacional, é necessário identificar o contexto sociocultural dos estudantes a fim de obter informações sobre as experiências e apropriações de signos e significados sociais referente à referida cultura. Mais adiante, mostrarei como essa experiência e apropriação se fez presente nas atividades matemáticas que os sujeitos realizaram na pesquisa de campo.

Portanto, expando a concepção de *pensamento computacional* que discuto na tese, assumindo que pensamento computacional é uma estratégia de organização do pensamento, para resolver e formular problemas, que ocorre com base de conhecimentos e práticas da Ciência da Computação, como: a decomposição, reconhecimento de padrões, algoritmo e abstração, quando se incorpora a cultura dessa área do conhecimento às suas relações sociais.

Para que seja possível visualizar a passagem da experiência externa em interna, em processos de ensino-aprendizagem, faz-se necessário o apoio em estudos que propiciem essa identificação. Desse modo, na seção 4, apresentarei a teoria da formação planejada das ações mentais e dos conceitos, que foi o aporte teórico que assumi para a realização das tarefas realizadas com os sujeitos da pesquisa. Isso permitiu-me iniciar as investigações acerca da perspectiva de pensamento computacional adotada nesta tese. Mas antes ainda, apresento a seguir

relações entre a teoria de Vygotsky com o que adotei do conceito de desenvolvimento do pensamento computacional de estudantes.

3 A FORMAÇÃO DE CONCEITOS EM VYGOTSKI: TECENDO UM DIÁLOGO COM O PENSAMENTO COMPUTACIONAL

O problema principal e fundamental relacionado com o processo de formação de conceitos e ao da atividade dirigida a um fim em geral, é o problema dos meios pelos quais se leva a cabo qualquer operação psíquica, o problema de como ocorre a atividade dirigida a um fim (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 125, tradução nossa).

Vygotski (2014 – Tomo II, p. 134) define o processo de formação de conceitos como a “transição dos processos intelectuais imediatos em operações mediadas por signos”.

O conceito é tomado em relação a uma determinada tarefa ou necessidade que surge no pensamento, em relação à compreensão ou comunicação, em relação à execução de alguma tarefa, ou instrução, cuja realização é impossível sem a formação do conceito (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 121).

Pautado em Rimat (1925), Vygotsky (2014 – Tomo II) assume o pressuposto de que os processos que conduzem à formação de conceitos e o pensamento abstrato começam a se desenvolver no início da puberdade. E, pautado em Ach, considera que indivíduos pré-escolares resolvem problemas por processos cognitivos diferentes dos adolescentes e adultos. Vygotski (2014 – Tomo II) considera, ainda pautado em Ach, que a formação de conceitos está ligada aos atos do pensamento regulados conscientemente, dirigidos a resolver uma tarefa experimental qualquer.

Ambos pressupostos contribuíram com a teoria de Vygotski (2014 – Tomo II) referente ao desenvolvimento do pensamento por conceitos, uma vez que nesses atos do pensamento regulados conscientemente são utilizadas palavras que orientam esse processo. Ele reconhece a contribuição da relação entre pensamento e linguagem para a formação de conceitos. No entanto, “aprender palavras e associá-las a objetos não leva por si só à formação de conceitos. Para que esse processo comece, é necessário propor à criança uma tarefa que não pode ser resolvida mais do que por meio da formação de conceitos” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 123).

Vygotski (2014 – Tomo II, p. 125, tradução nossa) salienta que, sem um objetivo, é impossível realizar qualquer ação orientada a um fim. Porém, “a presença deste objetivo não explica em modo algum o desenvolvimento nem a estrutura do

processo pelo qual se alcança”. Ou seja, o objetivo da atividade dirigida não explica o processo. Isso se deve pelo fato de todas as funções psíquicas superiores incluírem “em sua estrutura, como elemento central e indispensável, o emprego do signo como meio essencial de direção e controle do próprio processo” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 126).

Nesse processo de formação, esse signo pode ser a palavra, “que atua como meio de formação dos conceitos e se converte mais tarde em seu símbolo” (VYGOTSKI, 2014, p. 126). A palavra é um meio essencial para o desenvolvimento do pensamento por conceitos.

Somente estudando o uso funcional da palavra e seu desenvolvimento, suas múltiplas formas qualitativamente diferentes em cada idade, porém, relacionadas geneticamente entre si por seu modo de atuação, podemos obter as chaves para estudar a formação de conceitos (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 126).

Vygotski (2014 – Tomo II) reconhece que uma tarefa, bem como certa representação do objetivo derivado dela, pode ser resolvida tanto pela criança no início do desenvolvimento do seu pensamento por conceitos, quanto pelo adulto. A diferença está na composição, estrutura e modo de atuar das formas de pensamento utilizadas, que é decorrente do uso funcional da palavra e seu desenvolvimento em cada um desses estágios. Esse uso funcional da palavra é ampliado no desenvolvimento da relação entre pensamento e linguagem que o indivíduo carrega consigo em suas experiências.

[...] o centro deste processo é o uso funcional do signo ou da palavra como meio pelo qual o adolescente domina e dirige suas próprias operações psíquicas, controlando o curso de sua atividade e orientando-a a resolver a tarefa que tem planejada (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 132).

Nesse processo, as tarefas apresentadas aos adolescentes precisam estar vinculadas ao seu meio social, às necessidades e objetivos que eles criam e os incentivam, “que o incita e o obriga a dar um passo decisivo no desenvolvimento do seu pensamento” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 133). Nesse desenvolvimento, as funções psíquicas elementares contribuem para que o indivíduo realize a tarefa. Elas trabalham de modo dependente uma das outras, como processos mediados pelo signo ou a palavra, que são essenciais para o desenvolvimento do pensamento conceitual do indivíduo.

O processo de formação de conceitos, segundo Vygotski (2014 – Tomo II), é composto fundamentalmente por três fases. A primeira fase, que é frequente em

indivíduos de pouca idade, é caracterizada por acúmulos desorganizados. Nesta fase do desenvolvimento, o significado da palavra não está completamente definido, o que faz com que as aglomerações realizadas pelo indivíduo tenham por base ideias e percepções que, de algum modo, estão relacionados entre si em uma imagem para ele. Esse agrupamento

[...] sem suficiente fundamento interno, sem suficiente afinidade e relação entre seus elementos integrantes, revela a extensão difusa e não dirigida do significado da palavra, o do signo que a substitui, em uma série de elementos relacionados nas impressões perceptíveis da criança, porém, sem unidade interna (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 135, tradução nossa).

Trata-se, portanto, de uma fase marcada pela existência de um sincretismo das percepções e ações do indivíduo de pouca idade, que determina suas ações. O sincretismo presente no desenvolvimento cognitivo do indivíduo é compreendido como a manifestação da “tendência de fundir, a partir de impressões perceptuais fortuitas, os elementos mais díspares, agrupando-os numa imagem indiferenciada” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 136, tradução nossa), na sua percepção, no seu pensamento e na sua ação.

Esse momento, que é importante para o desenvolvimento do pensamento infantil, é marcado, portanto, pela troca de conexões objetivas por sucessivas conexões subjetivas, em busca da correspondência com a realidade externa, na interação com um adulto. A criança comunica com os adultos por meio de palavras com sentido para si e, muitas vezes, na busca pela correspondência na realidade externa. O significado dessas palavras pode coincidir parcialmente com o significado delas para o adulto. Quando pronunciadas por ele, para se referir a situações do entorno da criança, contribui para que ambos se compreendam e a criança comece a desenvolver o uso funcional da palavra. Entretanto, essa coincidência parcial de significado resulta em operações psíquicas diferentes.

A primeira fase do processo de formação de conceitos da criança, decompõem-se em três etapas. A primeira é marcada pelo período inicial de ensaios e erros no pensamento infantil. “A criança toma e agrupa as figuras ao acaso, testando-os sucessivamente e substituindo uns com os outros quando o experimentador descobre seus erros” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 136, tradução nossa).

A segunda etapa é marcada pelo sincretismo gerado por aquilo que a criança percebe e organiza em seu campo visual. É guiada, ainda, “pelas conexões

subjetivas criadas pela sua própria percepção” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 137, tradução nossa). A terceira etapa é marcada pela presença de uma base complexa que faz com que a criança forme a imagem sincrética segundo um único significado, gerado previamente por ela com base em suas percepções, que ainda carecem de uma coerência interna. Nessa etapa, a criança desenvolve a sua primeira fase no desenvolvimento dos conceitos.

No início da primeira fase do processo de formação de conceitos, formam-se agrupamentos sincréticos e a criança começa a tomar alguns de seus elementos isolados. Isso faz com que o significado da palavra, que até então era unidimensional, passe a ser bidimensional, isto é, passa a ter dupla série de conexões e estrutura. Por consequência, faz com que a criança não mais desenvolva somente um agrupamento desorganizado, embora o significado da palavra ainda não esteja claro à criança.

Com base nisso, a criança “abandona o agrupamento como forma principal de significação das palavras” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 137, tradução nossa) e passa a estabelecer conexões com base em um significado que ela atribuiu ao objeto por meio da palavra. Inicia, portanto, o desenvolvimento de conceitos, em nível de formação por complexos, que marca a segunda fase do processo.

Nesta fase, nomeada de *pensamento em complexos*, “tende à formação de conexões, ao estabelecimento de relações entre diferentes impressões concretas, à união e generalização de objetos distintos, ao ordenamento e à sistematização da experiência da criança” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 138, tradução nossa). A criança começa a desenvolver uma relação objetiva entre os elementos, mas que ainda não são os verdadeiros conceitos, por isso, denominados, complexos.

É o período em que a criança deixa de lado o sincretismo e a incoerência para desenvolver o pensamento objetivo e coerente. Vygotski (2014 – Tomo II, p. 139, tradução nossa) afirma que “a característica da construção do complexo é que se baseia nas relações concretas e reais entre seus componentes individuais, não em conexões abstratas e lógicas”. O complexo se forma por meio de experiências imediatas, que o faz não pertencer “ao plano do pensamento lógico-abstrato, sendo real-concreto e, por isso, tanto as conexões que lhe servem de base como aquelas que se estabelecem com sua ajuda carecem de uniformidade” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 139, tradução nossa).

A coerência e objetividade presentes no pensamento por complexos “tampouco igualam-se, todavia, à coerência característica do pensamento conceitual alcançado pelo adolescente” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 138, tradução nossa). A formação de conceitos, na referida fase de desenvolvimento humano, será apresentada mais adiante, pois é o momento que surge o pensamento lógico e abstrato, que como enunciado anteriormente, é fundamental para o desenvolvimento do pensamento computacional.

A diferença de um complexo, em relação a um conceito genuíno, é que ele se caracteriza pela união de objetos concretos diferentes, que foram relacionados por qualquer conexão entre eles. O conceito é a união de objetos segundo um único atributo, logicamente equivalentes entre si. “[...] o conceito reflete uma única conexão entre os objetos, uma relação relevante uniforme, enquanto o complexo reflete uma conexão prática, casual e concreta” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 139).

A formação de conceitos por complexo é composta por cinco níveis ou estágios, a saber: associativo, coleções, complexo em cadeia, difuso e pseudoconceito. O primeiro dos níveis, o *associativo*, é o complexo formado por qualquer relação concreta que a criança estabelece entre elementos que podem não estar relacionados entre si. Dessa forma, “qualquer conexão associativa entre o núcleo e outro elemento do complexo é razão suficiente para que a criança o inclua no grupo e lhe designe um apelido familiar” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 140, tradução nossa).

A criança, que está em fase de desenvolvimento desse complexo, não consegue dizer o nome real de um objeto. Para ela, nomear um objeto significa dizer seu apelido, isto é, uma qualificação individualizada para si, que indica uma determinada característica do objeto. Por exemplo, nomear de ‘papá’ a panela em cima do fogão.

O segundo tipo de complexo é nomeado de *coleções*. Nesta etapa, marcada pela experiência concreta visual e prática, a criança cria coleções de objetos concretos, segundo um determinado atributo (leva-se em consideração a heterogeneidade dos objetos) que, ao final, se complementam dentro do agrupamento que ele faz.

A inclusão de objetos com o mesmo atributo é o que diferencia as coleções dos complexos associativos. Por se tratar de uma experiência visual e prática, Vygotski (2014 – Tomo II, p. 142, tradução nossa) ressalta que é natural e

compreensível que a criança forme esse tipo de complexo “em seu pensamento verbal, reunindo objetos em grupos concretos segundo o princípio de complementariedade funcional”.

A possibilidade de a criança formar esse tipo de complexo em seu pensamento verbal, precisa ser levada em consideração quando referimos ao desenvolvimento do pensamento computacional, por aqueles que ainda não estão na terceira fase do processo de formação de conceitos, marcada pela existência de um pensamento lógico e abstrato.

O desenvolvimento do pensamento computacional está atrelado à incorporação da cultura da Computação e às suas relações sociais, de modo a proporcionar uma organização do pensamento. Isso ocorre para resolver e formular problemas, com base nos conhecimentos e práticas dessa área do conhecimento. Para tanto, o trabalho com recursos visuais e práticos pode estimular o estudante a se comunicar com palavras, cujo significado pode coincidir parcialmente com aqueles de ordem social das palavras assimilados por um adulto (o professor, por exemplo). Por consequência, leva ao postulado de que a criança está desenvolvendo um pensamento computacional.

No entanto, ao considerar que um complexo é a união de objetos concretos diferentes – que foram relacionados por qualquer conexão entre eles, sem uma coerência lógica e abstrata – é possível considerar que o indivíduo realiza tais conexões com base em suas experiências visuais e práticas. Desse modo, está em processo de desenvolvimento do complexo por coleções em seu pensamento verbal. Essa reunião de objetos em grupos concretos, segundo o princípio de complementariedade funcional, não caracteriza ser, de fato, uma ação cognitiva pautada no conjunto simbólico e prático que regem as vivências culturais e os conceitos sociais da Computação.

De todo modo, a vivência, que gera a formação desse complexo, contribui com o desenvolvimento da linguagem e do pensamento do indivíduo, por proporcionar essas relações com base em experiências visuais e práticas. Tais experiências são passíveis de contribuição ao desenvolvimento do pensamento computacional desse indivíduo, quando ele estiver em outro período de apropriação da linguagem e da formação de conceitos. Desse modo, apesar de nessa perspectiva não ser possível falar de desenvolvimento do pensamento computacional por aqueles que estão nessa fase, podemos fazer referência à

realização de ações que promovam tais experiências visuais e práticas referentes a aspectos da Computação, seja por meio de jogos, desenhos, dentre outros.

Após essa etapa, inicia-se a fase dos *complexos em cadeia* que se caracteriza pela “união dinâmica e sequencial de elos individuais em uma única cadeia e o traslado de significados por meio dos sucessivos elos da cadeia” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 142, tradução nossa). Podemos exemplificar esse processo por meio de elos que o indivíduo fará para agrupar figuras geométricas com base em uma delas, utilizada como amostra. Pode ser que a amostra seja uma peça de base quadrada vermelha e, tendo-a como referência, a criança elegerá várias figuras da mesma forma, que pode ser de diferentes cores, como: preta, amarela, azul, branca etc. Se a última figura de base quadrada for de cor branca, por exemplo, o indivíduo poderá selecionar figuras dessa mesma cor, mas de outras formas geométricas, como triângulos, círculos, entre outros.

Ainda, é possível que alguma característica de novas figuras desperte a atenção do indivíduo que a considerará para selecionar as próximas figuras. Por exemplo, figuras de forma triangular, independente da cor. Ou seja, o indivíduo conecta estruturas em uma determinada cadeia e, nela, estabelece outras conexões, de modo sucessivo, sempre com base na troca de atributos principais.

Vygotski (2014 – Tomo II, p. 143, tradução nossa) argumenta que, nesse processo,

[...] o significado da palavra se modifica durante a realização dos elos da cadeia do complexo. Cada elo se une, por um lado, com o precedente e, por outro, com o seguinte. [...]. Cada elo incorporado ao complexo, em cadeia, forma parte do mesmo com igual peso que o modelo e, por sua vez, algum dos atributos podem se converter na imagem para a associação de uma nova série de elementos

Essa relação, entre atributos dentro desse complexo, evidencia que o pensamento em complexo possui um caráter perceptivo-figurativo concreto e um caráter visual-concreto em imagens, isto é, não há a presença de abstração e nem da lógica no desenvolvimento do pensamento. Vygotski (2014 – Tomo II, p. 143, tradução nossa) explica esses dois caracteres:

O objeto, incluído em um complexo em virtude de um determinado atributo associativo, se incorpora a ele não como portador desse atributo particular graças ao qual forma parte do complexo, sendo como um objeto concreto integral, com todos os seus atributos. A criança não abstrai essa característica de todos os restantes e nem lhe atribui um papel principal referente a todos os demais; é importante por seu valor funcional, porém é igual aos outros, uma característica a mais entre as muitas do objeto.

Portanto, no complexo em cadeia, o indivíduo relaciona objetos que não tenha nada em comum entre si, mas existe alguma relação com algum elemento presente no complexo. Assim, o exemplo, citado anteriormente, de selecionar uma figura geométrica circular, que não tem relação conceitual com a forma quadrada, mas relaciona-se com aquelas que estão presentes na cadeia por meio da cor.

Vygotski (2014 – Tomo II) considera que, tanto a etapa dos complexos em coleções quanto a em cadeia são necessárias para o domínio progressivo dos conceitos. Isso leva-me à busca pela consolidação da afirmação tecida anteriormente. Ou seja, a importância de o indivíduo, que passa por essas etapas, ter experiências visuais e práticas vinculadas aos conceitos da Computação. Essa atenção se torna premente quando olhamos para o desenvolvimento do pensamento computacional na Educação Básica, na perspectiva desta tese, que considera a experiência e as relações culturais para esse desenvolvimento.

Nesse sentido, o desenvolvimento dessas ações, em anos escolares iniciais da vida escolar do estudante, se faz necessário para que ele possa desenvolver ações e práticas mais profícuas, relacionadas ao desenvolvimento do pensamento computacional em anos finais do seu percurso escolar na Educação Básica.

Retomo a discussão acerca do processo de formação de conceitos, que se faz importante para entendermos o processo de desenvolvimento do pensamento que, segundo a teoria histórico-cultural, ocorre por meio da formação de conceitos. Nesse sentido, as relações que são realizadas no complexo em cadeia geram a união de elementos com características gerais difusas, ou seja, indeterminadas, o que forma um complexo composto por imagens ou objetos reais e concretos. Trata-se, portanto, na quarta etapa do pensamento por complexos, denominado de *difuso*.

No exemplo anterior, ao considerar como amostra um quadrado vermelho, além das figuras geométricas da referida forma de diferentes cores, a criança poderia selecionar losangos e retângulos por considerar que, visualmente, são parecidos. Dos losangos, a criança poderia começar a associar triângulos por serem pontiagudos; em seguida, trapézios ao julgá-los com vértices truncados e, assim, sucessivamente, toma a forma como uma característica fundamental do complexo que se difunde e se faz indeterminado.

No desenvolvimento do pensamento complexo difuso, a criança incorpora “mais e mais novos objetos concretos ao grupo principal” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo

II, p. 145, tradução nossa). No pensamento infantil, o complexo difuso está representado na realidade pelas “generalizações que a criança cria precisamente nas esferas do pensamento não verificáveis na prática; em outras palavras, nas esferas do pensamento não visual e não prático” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 145, tradução nossa).

Eis aqui uma consideração importante para o desenvolvimento do pensamento. A respeito desse complexo, Vygotski (2014 – Tomo II, p. 145, tradução nossa) ressalta que, quando a criança “começa a discorrer o pensar além dos limites do seu pequeno mundo de objetos concretos e de sua experiência prática”, podemos descobrir “quais associações inesperadas, frequentemente incompreensíveis aos adultos, quais saltos no pensamento, quais generalizações arriscadas, quais transições difusas” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 145) ela desenvolve.

A criança entra em um mundo de generalizações difusas, donde os atributos são evasivos e mutáveis, se transformam imperceptivelmente um em outro. Lá não existem contornos precisos, lá dominam os complexos ilimitados, às vezes, assombrosos pela versatilidade das conexões que incluem (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 145, tradução nossa).

Desse modo, no complexo difuso, o pensamento do indivíduo continua a se desenvolver dentro dos “limites das relações visuais [em imagens], concretas e reais entre objetos singulares” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 145, tradução nossa), que podem ser errôneos, indeterminados e vagos, por sua base no conhecimento prático. Com as sucessivas relações realizadas no complexo difuso, a criança começa a gerar um

Complexo composto por uma série de objetos concretos, que fenotipicamente, isto é, por suas características externas, coincide plenamente com o conceito, porém em sua natureza genotípica, por suas condições de aparição e desenvolvimento e pelas conexões dinâmicas-causais que servem de base, não é de modo algum um conceito. No aspecto externo, nos achamos perante um conceito; no interno, perante um complexo (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 146, tradução nossa).

Esse novo complexo, Vygotski chama de *pseudoconceito* exatamente pelo fato de a aparência externa expressar que o pensamento da criança é formado por uma generalização, sendo que, na verdade, a essência da sua natureza psicológica trata-se ainda de um complexo. Essa generalização que é aparente baseia-se no resultado do conceito. Ou seja, o processo psicológico que o gerou não teve por base um conceito abstrato, mas no pensamento em complexo da criança. Porém, ao

se comunicar com o adulto, se assemelhou externamente aos conceitos que ele possui, que foram gerados por um processo diferente.

Quando o estudante desenvolve o pensamento em complexo, caracterizado por ser um pseudoconceito, o agrupamento que o gerou pode até ter nascido de um pensamento abstrato, que a criança começa a desenvolver. Porém, esse processo abstrato não é sustentado até o fim, pois, as relações concretas, que o estudante realiza, têm por base as associações simples, em um único atributo. Um exemplo poderia ser o conceito geométrico de quadrado. Ao relacionar as figuras geométricas, no exemplo tecido anteriormente, é possível que o estudante tenha iniciado o desenvolvimento da ideia do referido conceito, isto é, iniciar um pensamento abstrato, ao perceber que todos são formados por quatro segmentos que se fecham.

Mas, nesse mesmo pensamento desenvolvido, as conexões realizadas são totalmente concretas. Por consequência, ele não identificará características específicas da essência da figura geométrica quadrado, como, por exemplo: ser uma superfície definida por quatro segmentos de reta de mesma medida, cuja intersecção da extremidade de um coincide com a origem do outro que determinam quatro ângulos retos. Mas, não é isso que ainda acontece no nível de Pseudoconceito. O estudante até pode desenhar um quadrado, que é um resultado esperado e parecer que ele sabe conceitualmente o que é um quadrado. Porém, ao se investigar em sua essência, não há indicação de tais características, ainda que o resultado se assemelha ao conceito que o professor possui desenvolvido.

Com isso, o estudante “chega ao mesmo ponto, porém, seguindo um caminho totalmente distinto” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 146, tradução nossa). Portanto, não é o caminho da formação do verdadeiro conceito que, nesse exemplo, foi trilhado pelo professor. O caminho seguido pelo estudante, até esse momento, é o do pensamento concreto visual. Desse modo, o Pseudoconceito se constitui como o momento de transição do desenvolvimento do pensamento em complexos para o pensamento conceitual. A criança está em fase dos primeiros passos em direção à formação do pensamento similar ao científico.

Trata-se de um momento importante para o desenvolvimento do pensamento computacional. Só assim, evita-se a possibilidade de confundir que o estudante tenha atingido determinadas abstrações conceituais e adquirido um pensamento lógico. Porém, na realidade, ele ainda está no processo de transição do pensamento

em nível de concreto caótico com vislumbamento de abstrações, referente a questões vinculadas à cultura da Computação, que se fazem presentes no desenvolvimento do pensamento computacional.

Essa transição ressalta a importância de todo o processo de pensamento em complexo, para que o estudante forme o pensamento concreto, que “tem uma grande importância no pensamento real da criança, em seu aspecto tanto funcional como genético” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 147, tradução nossa). Por isso, novamente, reforço a necessidade de, nesse processo, a criança ter contato com ações visuais e práticas voltadas à Computação. Trata-se de uma condição para que ela desenvolva um pensamento que transita por dois movimentos, sendo: i) redução do concreto (caótico) ao abstrato, como um processo de apropriação da cultura; e ii) ascensão do abstrato ao concreto (pensado).

Se o estudante não desenvolver esse pensamento concreto, acerca de conceitos vinculados à Computação, ele poderá ter dificuldades em realizar a transição para o pensamento abstrato, que é um dos pilares do pensamento computacional, como discutido na seção anterior. Ao elaborarem estratégias para promover o desenvolvimento do pensamento computacional de estudantes da Educação Básica, Bars e Stephenson (2011) sugerem que os professores estimulem seus estudantes com o uso de símbolos e linguagens da Computação. Antes de desenvolver o pensamento computacional, a criança precisa ter uma vivência real e concreta dos aspectos computacionais culturais vinculados a esse processo cognitivo.

Como mencionado anteriormente, a palavra é, desde o princípio, o meio pelo qual crianças e adultos se comunicam e se compreendem, mutuamente. Se conversarmos por muito tempo com uma criança, constataremos que os significados de algumas palavras que, inicialmente, pareciam ser os mesmos, não são mais. Evidencia-se, pois, que na conversa o significado de palavras, para a criança, é diferente daquele atribuído pelo adulto.

Quando nos referimos ao significado da palavra, trata-se dos dois aspectos distintos que precisam ser diferenciados: o significado da expressão, em seu sentido próprio, e sua função de referência a um determinado objeto para denominá-lo. Em um ambiente de programação, por exemplo, o professor pode mostrar que uma parte do algoritmo, construído pelo estudante, trata-se de um *loop*. E, com base nele, o estudante passa a denominar aquela parte de *loop* para se comunicar com o

professor, mas o significado da referida palavra, para o estudante, pode não ser o mesmo para o professor.

Nesse exemplo, é possível a observação de que o fenômeno realizado indica que ambos atribuíram o mesmo significado, e poderia levar o professor a concluir, erroneamente, que o estudante formou o conceito de *loop*. No entanto, em sua essência, as operações intelectuais envolvidas são outras. Para a criança, “a relação das palavras com determinados grupos de objetos lhes vem dadas pela linguagem dos adultos. É daqui que o complexo infantil coincide com os conceitos do adulto no que diz respeito à sua atribuição a um objeto” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 163, tradução nossa).

Por esse motivo, é importante o estudo referente à função da linguagem e da fala no pensamento do estudante, em sua totalidade. Para tanto, importa que se considere seu ambiente cultural e a sua historicidade, pois ele compreenderá a si mesmo e tudo o que está ao seu redor, de um modo diferente do entendimento do adulto com o mesmo sistema simbólico e fala. “Isso significa que os atos do pensamento que a criança realiza com ajuda da fala não coincidem com as operações do pensamento do adulto em uma utilização de uma mesma palavra” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 163, tradução nossa).

A palavra ouvida ou lida pela primeira vez “não pode ser considerada como um simples signo do conceito, mas sim como uma imagem, um quadro, um esboço mental ou um breve relato do conceito” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 163, tradução nossa). Isso pode fazer com que o seu uso seja para designar vários objetos, isto é, um pensamento em complexos. Mas, é com base na interação com os pares que a criança faz novas associações e atribui significados, em um contexto de atividade e, em determinado momento, chega ao real significado da palavra em si mesma.

Novamente, vale enfatizar que a palavra é responsável pela mediação entre pensamento e linguagem. E, mais ainda, agora, é um meio responsável pela transição dos complexos para os conceitos. Um Pseudoconceito é a ponte entre o pensamento concreto e o pensamento abstrato (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II), sendo esse último importante para o desenvolvimento do pensamento computacional. Em conclusão acerca da segunda fase da formação de conceitos e, portanto, do desenvolvimento do pensamento conceitual, importa a afirmação de que

A criança que se encontra no estágio do pensamento em complexos pensa, como significado da palavra, nos mesmos objetos que os adultos, graças ao qual a compreensão entre ambos é possível, porém, pensa de outra

forma, seguindo outro procedimento, com ajuda de outras operações intelectuais (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 154, tradução nossa).

Segundo a perspectiva adotada, entre essas outras operações intelectuais não está a abstração, uma vez que ela surge na terceira fase da formação de conceitos. No entanto, o seu desenvolvimento é gerado pelas experiências sociais ao qual o indivíduo está exposto em sua realidade cultural.

O estágio do Pseudoconceito é, portanto, a etapa intermediária entre o pensamento em complexos e o desenvolvimento do pensamento conceitual, que possui a presença da lógica e da abstração. No entanto, essa transição não é cronológica, ou seja, os Pseudoconceitos estão presentes também em nossos pensamentos formados fora do ambiente escolar, pois, eles se apoiam na linguagem cotidiana (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II).

A terceira e última fase do desenvolvimento do pensamento é marcada pela presença do conceito que “em sua forma natural e desenvolvida, pressupõe não somente a união e a generalização de elementos isolados, mas também a capacidade de abstrair, de considerar por separado esses elementos, fora das conexões reais e concretas” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 165, tradução nossa). Ou seja, o conceito é mais do que a simples agregação de elementos.

Nessa fase, também há a presença dos processos de análise e de síntese, que são igualmente necessários para a formação do conceito. A esses dois processos, estão vinculados a divisão e a união de características que apoiam a formação de um conceito genuíno e do pensamento em sua totalidade. Afinal, eles são chaves para o desenvolvimento da função de decomposição do conjunto de objetos ou de dados, em elementos isolados. Vygotski (2014 – Tomo II, p. 166, tradução nossa) conclui que “a função genética da terceira fase de evolução do pensamento [...] é o desenvolvimento da divisão, análise e abstração”.

A divisão, a análise e a abstração estão presentes nos pilares que compõem o pensamento computacional, elencados na seção anterior, sendo: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmo (BRACKMANN, 2017; CIEB, 2018; SILVA, 2018; JAVARONI; SILVA, 2019). Em diálogo com a definição de Brackamann (2017) – acerca dos pilares, apresentada na subseção 2.1 – esses elementos podem ser destacados nos seguintes pilares: a divisão no da *decomposição*, a análise no do *reconhecimento de padrões* e a síntese combinada

com a análise no pilar abstração. Quanto ao pilar *algoritmos*, também há a presença dos processos de análise e de síntese, que explanarei mais à frente.

Nesse momento, chamo a atenção para os pilares: decomposição, reconhecimento de padrões e abstração. No estágio do Pseudoconceito, o indivíduo realiza agrupamentos de acordo com as características dos objetos. Mas, agora, na primeira etapa da terceira fase do processo de desenvolvimento do pensamento conceitual, “os atributos, que no seu conjunto refletem a máxima semelhança com o modelo, passam a ser o centro das atenções, pelo que parece que se destacam, são abstraídos do resto dos atributos, que permanecem na periferia da atenção” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 166, tradução nossa).

Mesmo que não se baseie, inicialmente, em uma distinção clara de traços isolados, esse processo de abstração, que agora se faz presente, é o que promove a análise e a síntese no momento de agrupamento dos objetos e, conseqüentemente, a decomposição do conjunto de objetos ou dados com base em seus atributos. Num conjunto de atributos percebidos pelo indivíduo, a separação dos elementos do conjunto de objetos ou dados é realizado com base na abstração do que é importante e essencial, dentro do conjunto de atributos (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II).

Sem a abstração, o agrupamento que o indivíduo realiza baseia-se em percepções quaisquer, que gera diversos agrupamentos fundamentados em associações, os quais não são característicos das práticas computacionais da Ciência da Computação. É somente a partir do momento em que o processo de abstração passa a ser desenvolvido, que essas divisões e agrupamentos (síntese) são definidos com base em atributos essenciais do conjunto.

Para a Ciência da Computação, segundo Brookshear (2013), a abstração é o que nos torna “capazes de construir, de analisar e de gerenciar sistemas computacionais grandes e complexos, que nos confundiriam se fossem vistos em sua totalidade em um nível detalhado”. O autor justifica essa ação promovida pela abstração com menção ao seu caráter de sintetizar informações. Tal entendimento, vai ao encontro das concepções de Wing e outros autores acerca da abstração, apresentadas na subseção 2.1.

Nesse processo de reconhecer padrões para decompor e realizar agrupamentos, fica evidente que o indivíduo, ao destacar um grupo de objetos com base em um único atributo comum abstraído, encontra-se na segunda etapa desta

fase da formação de conceitos, denominada *conceitos potenciais*. No caso, a abstração da palavra ainda não está em nível completo. Ocorre que o indivíduo somente a elabora com base em seu atributo funcional, ou seja, abstrai um único atributo do objeto, o que o torna um conceito potencial, em via de se tornar um conceito verdadeiro.

Esses “conceitos são potenciais, em primeiro lugar, por sua *atribuição prática a um determinado repertório de objetos* e, em segundo lugar, pelo processo de *abstração discriminante* que lhes servem de base” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 167-168, tradução nossa). A atribuição prática a um determinado repertório de objetos concede a denominação de ‘conceitos’, por suas possibilidades, que poderão não ser atualizadas caso não haja aplicação em outros contextos. Vygotski (2014 – Tomo II) afirma que, nessas situações, não se trata de conceitos, porém, com possibilidades de sê-los, por isso, são chamados de conceitos potenciais.

[...] a criança, com ajuda da abstração de traços isolados, decompõe uma situação concreta, uma conexão concreta de traços, estabelecendo com eles a premissa necessária para unir de novo estes traços sobre uma nova base. Somente o domínio desse processo de abstração, junto com o desenvolvimento do pensamento em complexos, é capaz de conduzir a criança a formar conceitos genuínos (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 169, tradução nossa).

Vale um exemplo com o conceito de função polinomial de segundo grau, mas também pode ser estendido a qualquer outro da Matemática. O estudante resolve uma lista de exercícios com várias questões não contextualizadas sobre o tema. Tal desempenho pode causar a impressão de que ele formou o conceito. No entanto, ao se deparar com exercícios que requer a aplicação em contextos não similares ao anterior, é possível que o estudante não as resolva, porque ainda não formou o verdadeiro conceito, portanto, revela ainda um desenvolvimento na etapa dos conceitos potenciais.

De acordo com Vygotski (2014 – Tomo II), o conceito verdadeiro se forma quando a abstração for totalmente desenvolvida, isto é, quando a síntese se combinar com a análise. É sob essa afirmação e com base em outras inquietações, relatadas nas seções anteriores, que comecei a conjecturar as possibilidades de o desenvolvimento do pensamento computacional contribuir para a formação de conceitos matemáticos. Para tanto, considero como justificativa de que o desenvolvimento dessa abstração se potencializará por meio do pensamento computacional, que a tem como um dos seus pilares.

Vygotski resume como ocorre o processo final da formação de conceitos, da seguinte maneira:

O conceito surge quando uma série de atributos que tem sido abstraído se sintetizam de novo e quando a síntese abstrata conseguida desse modo se converte na forma fundamental do pensamento, por meio do qual a criança percebe e atribui sentido a realidade que a rodeia (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 169, tradução nossa).

Mais uma vez vale conclamar os processos envolvidos no desenvolvimento do pensamento computacional à luz da teoria Histórico-Cultural. Para tanto, requisita a compreensão de que a abstração envolvida se refere à busca por atributos que possam sintetizar os objetos ou dados do conjunto que está sendo considerado. É a identificação de atributos não dados simplesmente pelos órgãos do sentido que promove a formação do verdadeiro conceito, uma vez que a decomposição e o reconhecimento de padrões estão atrelados aos processos de análise e síntese que são importantes para a formação do verdadeiro pensamento conceitual.

Para tanto, a palavra assume um papel decisivo, pois, ao adotá-la,

a criança dirige deliberadamente sua atenção para determinados atributos, servindo-se da palavra os sintetiza, simboliza o conceito abstrato e opera com ele como o signo superior entre todos os que há criado no pensamento humano (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 169, tradução nossa).

Depois de se apropriar de uma característica isolada do objeto e passar pelo processo de surgimento do conceito, por via do processo de síntese, esse conceito abstrato é simbolizado por palavra. Por meio dela, é que se define o conceito com base em uma situação prática, concreta. Na interação, estabelecida entre um indivíduo, é que se apreenderá o conceito, o significado das palavras que serão utilizadas para explicá-lo. Toda essa dinamicidade será fundamental para que o indivíduo desenvolva todo o processo necessário à formação de um conceito. É por isso, como enunciado anteriormente, que primeiramente dominamos a estrutura externa palavra-objeto, que depois se converte em estrutura simbólica (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II).

A palavra é um signo. Esse signo pode ser utilizado de modo diferente e empregado de forma distinta. Pode servir como meio de operações intelectuais diversas. E precisamente distintas operações intelectuais realizadas com ajuda da palavra são as que dão lugar a diferença fundamental entre o complexo e o conceito (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 170).

A palavra se constitui em um elemento mediador importante para todo esse processo. Ela é o “meio de orientação deliberada da atenção, da abstração, da seleção de atributos e de suas sínteses e simbolização com ajuda do signo” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 176, tradução nossa). Como um signo importante, ela conduz o processo de desenvolvimento do pensamento computacional no processo de apropriação da cultura da Computação e seus signos. O uso funcional da palavra e seu desenvolvimento, no decurso da atividade do indivíduo, possibilitam a aquisição de significados, que são importantes para o desenvolvimento do pensamento.

[...] a aquisição do significado por parte da palavra é o resultado de uma atividade complexa (o manuseio da palavra ou o signo) em que todas as funções intelectuais básicas intervêm e se combinam de uma maneira especial (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 131, tradução nossa).

Portanto, na perspectiva que defendo nesta tese, o uso de palavras vinculadas a ambientes computacionais é importante para que elas se constituam em signos que guiarão e controlarão a atividade dirigida do indivíduo no processo de resolução da tarefa. Por conseguinte, promove o desenvolvimento do pensamento computacional, em uma perspectiva cultural.

Retomo, agora, questões referentes ao pilar *algoritmo* do pensamento computacional. Brackamann (2017, p. 33) define-o com a enunciação de que “passos ou regras simples podem ser criados para resolver cada um dos subproblemas encontrados”, pela decomposição do problema em processo de resolução. De sua parte, Brookshear (2013, p. 154) define algoritmo como “um conjunto ordenado de passos executáveis, não ambíguos, que define um processo finalizável”.

O estudo desse conceito forma o núcleo da Computação, que se estabelece como a ciência dos algoritmos. Krutetskii (1976, p. 46), um dos estudiosos da teoria Histórico-cultural, apresenta a seguinte definição: “Algoritmo é uma indicação precisa e delimitada sobre quais operações realizar e em qual sequência deve ser resolvido o problema. Um algoritmo é uma generalização, desde que seja aplicado a todos os problemas de um determinado tipo”.

O algoritmo é construído com a adoção de termos e expressões, com a compreensão das palavras que os compõem possuem significados mediadores entre a estrutura externa palavra-objeto, em um primeiro momento de contato do indivíduo com o algoritmo. Neste momento, é que ele se familiarizará com o objeto,

com a estrutura do algoritmo. Posteriormente, as palavras se converterão em uma estrutura simbólica a ser apropriada, pelo indivíduo, a fim de se comunicar e realizar atos que requerem a definição prática de conceitos, necessária à construção do algoritmo.

O pressuposto é de que isso está em conformidade com a visão adotada sobre pensamento computacional em uma perspectiva histórico-cultural, uma vez que a Computação tem se estabelecido como a ciência dos algoritmos. E, assenta na necessidade de desenvolver uma linguagem própria para a sua construção, com o esforço de expressar diversas tarefas em um formato algorítmico, com palavras que possuem significados próprios da área.

Vygotski (2014 – Tomo II) realizou experimentos com mais de 300 crianças, adolescentes e adultos. Adotou o método histórico-dialético de dupla estimulação, que investiga o processo de desenvolvimento da formação de conceitos desde sua determinação dinâmico-causal. Seu pressuposto é de que a palavra, como signo principal, medeia a atividade intelectual do indivíduo na resolução da tarefa. Ele concluiu que a abstração marca o início da idade de transição – adolescência - e é nesse período que o indivíduo alcança o pensamento conceitual.

Nesse sentido, na perspectiva de pensamento computacional adotada e anunciada nesta tese – à luz da teoria histórico-cultural – não é concebível investigar ou inferir que o indivíduo, que geneticamente antecede a puberdade, possa desenvolver o pensamento computacional, cuja essência é a abstração.

Do mesmo modo, não se pode inferir que todos aqueles, em estágio de puberdade, desenvolvem um pensamento computacional nas condições de relações entre linguagem e pensamento enunciadas. É preciso entender que esse grupo de pessoas está suscetível a desenvolvê-lo, porém dependerá das condições intelectuais de cada indivíduo, no processo de formação de conceitos.

O caráter transitório das formas de pensamento e a discrepância entre a palavra e o ato na formação dos conceitos são traços característicos da adolescência. Em suas investigações, Vygotski (2014 – Tomo II, p. 172, tradução nossa) concluiu que

O adolescente forma o conceito, o utiliza corretamente em uma situação concreta, porém, quando se pede para ele definir verbalmente esse conceito, seu pensamento tropeça de imediato com extraordinárias dificuldades e a definição do conceito resulta muito mais reduzida que a utilização ativa desse conceito (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 172).

Essa característica do adolescente reforça que os conceitos não surgem como resultado de elaborações lógicas, durante a experiência anterior. Em vez disso, requer a reflexão a respeito deles para a tomada de consciência, com possibilidade de analisá-los logicamente. Isso se evidencia pela dependência do adolescente em relação ao contexto em que aquele conceito foi ou está sendo formado. Se a aplicação do conceito se mantiver na situação concreta, perceptível ao estudante, ele dirigirá seu pensamento com maior facilidade. Caso contrário, apresentará uma maior dificuldade devido

[...] ao processo de transferência dos conceitos, ou seja, o emprego da experiência em coisas totalmente distintas e heterogêneas, quando os conceitos destacados e sintetizados aparecem rodeados por outros traços em circunstâncias concretas completamente diferentes (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 172, tradução nossa).

A mesma dificuldade persiste quando o processo de definição do conceito se desvincula de uma situação concreta e desenvolve-se em um plano totalmente abstrato. Tal dificuldade faz com que o adolescente use a palavra como um conceito, mas a define como um complexo. Vygotski (2014 – Tomo II, p. 172, tradução nossa) conclui que “se trata de uma forma típica do pensamento na adolescência, a oscilação entre o pensamento em complexos e em conceitos”. No entanto, o processo inverso, definir o conceito do abstrato ao concreto, também pode se constituir em dificuldade no final da adolescência, quando o indivíduo se deparará com situações concretas até então não vivenciadas.

Na próxima seção, apresento a importância de uma tarefa – detalhada e com objetivos claros – para que o sujeito realize uma atividade dirigida e com aplicação em contextos diferentes, em um processo de formação das ações mentais. Depois da apresentação e discussão dos dados obtidos, por meio do experimento de ensino realizado com estudantes do Ensino Médio, retomarei a perspectiva de pensamento computacional. Também, discutirei a formação de conceitos com exemplos e com conjecturas, que serão aprofundadas qualitativamente, na seção 7.

4 FORMAÇÃO PLANEJADA DAS AÇÕES MENTAIS E DOS CONCEITOS

O conhecimento sobre as coisas se forma como resultado das ações com estas coisas. As ações mesmas, à medida que se formam, se convertem em capacidade e, à medida que se automatizam, em hábitos. Por isso, o tipo de organização e a formação por etapas das ações objetais constituem o processo central de assimilação de novos conhecimentos, capacidade e hábitos (GALPERIN, 1986, p. 304, tradução de Duarte e Damazio, 2018).

Nesta seção, abordo o processo de formação das ações psíquicas internas, com atenção para os momentos funcionais da atividade do indivíduo, que colabora com o processo de internalização. Para isso, pautei-me na teoria de Piotr Yakovlevich Gaperin (1902-1988), também conhecido por P. Ya. Galperin, um dos continuadores dos estudos de Vygotski. Para Galperin (1986), o desenvolvimento psíquico é mediatizado pelo processo de ensino, organizado com: ação externa devidamente estruturada, a materialização adequada de sua representação e a transformação da ação externa em interna.

Em seus estudos, Galperin (1986) se atentou para a relação entre a atividade psíquica (atividade interna) e a atividade prática (atividade externa). Portanto, considerou o processo de internalização da ação, enunciado por Vygotski (2014 – Tomo II e Tomo VI), como um processo constituído de etapas que se desenvolve de modo dinâmico e complexo, com base na experiência social externa para se transformar em experiência individual.

A teoria de Galperin (1986, 2001) explica o desenvolvimento ontogenético da assimilação com base no princípio de que o ser humano estabelece experiência histórico-social e cultural. Define assimilação como a apropriação do objeto do conhecimento, no que se refere às ações necessárias para que ele aconteça. Esse processo do desenvolvimento psíquico, enunciado por Galperin (1986), mostra que a formação de conceitos ocorre por meio de ações. “Quando uma ação completamente nova se estrutura, sua forma é, inicialmente, material, em seguida, verbal e, por último, mental, possibilitando que as funções mentais superiores se desenvolvam (NUÑEZ; RAMALHO, 2019, p. 10), como pensamento e linguagem.

Isso ocorre porque os signos estão presentes na ação e a linguagem que atua como meio de estabelecimento de relações e conscientização do indivíduo. Com base no exposto anteriormente sobre pensamento computacional, a teoria de Gaperin – acerca da formação planejada das ações mentais – articula-se, nesta tese, sob a conjectura de que a promoção do desenvolvimento do pensamento

computacional também segue a forma: material – verbal – mental. Desse modo, poderá apoiar o processo de formação de conceitos matemáticos, nos estudantes. Para tanto, prescinde de se considerar as orientações de Vygotski (2014 – Tomo III) acerca do modo de se estabelecer a tarefa e sua orientação, ao indivíduo, no decurso de sua atividade.

4.1 Pressupostos iniciais

Alguns pressupostos são necessários para a compreensão da teoria preconizada por Galperin (1986). Vale salientar que, para a teoria Histórico-Cultural, o conhecimento é decorrente da atividade do indivíduo. Traz, portanto, uma decorrência do conceito de trabalho, própria da perspectiva sociológica marxista, ou seja, é o ponto principal da relação dialética entre o sujeito e a realidade.

Logo, a base do conhecimento é atividade objetual que requer a interação com o meio externo em que o indivíduo, em contato com um objeto de sua realidade, promove seu desenvolvimento impulsionado pelas suas necessidades, motivações e objetivos, mediados pelo ensino.

Nesse sentido, retorno a discussão acerca da cultura para enfatizar que a sua apropriação e a transformação da realidade mediarão e gerarão o desenvolvimento do indivíduo. Este tem sua base material e é potencializado pelas internalizações do plano externo, presente em sua realidade, em forma de atividade interna, isto é, em uma representação internalizada das ações.

No campo educacional, o ensino tem por objetivo promover o desenvolvimento do estudante, em atividade, que é orientada pelos signos e instrumentos presentes no ambiente cultural. Assim, o desenvolvimento cognitivo ocorre por meio da mediação histórica e cultural das relações com os pares e por meio da internalização de sua realidade. A representação internalizada de um objeto é a abstração resultante do processo de atividade do indivíduo, durante sua assimilação.

Para exemplificar o que apresento, no momento, detenho-me no conceito geométrico de quadrado. O seu ensino é mediado por signos, instrumentos, símbolos, em processo de interação com os pares. São tais os mediadores, peculiares ao processo da atividade do estudante, que reconhecerão o objeto

conceitual quadrado, em sua realidade, isto é, em visitas a lugares, análise de imagens, produções artísticas, observações ao seu redor etc.

Na interação com os pares com esses mediadores simbólicos, a atividade será orientada com vistas à formação de ações mentais, no decorrer de um processo de assimilação, que visa possibilitar a construção da abstração conceitual do objeto matemático – conceito – quadrado. Por exemplo, com o reconhecimento de algumas significações tais como: é um quadrilátero regular com lados congruentes e ângulos internos retos, cuja soma de suas medidas é 360° . Esse processo também é mediado por um “sistema de conceitos” (VIGOTSKI, 2014), que são abstrações de um processo de assimilação – que ocorre por meio da formação de atividades psicológicas – como o conceito de ângulo, segmento, vértice, entre outros.

Nesse cenário, é importante a compreensão de outro pressuposto da teoria Histórico-Cultural, enunciado por Vygotski (2014 – Tomo II), referente ao conceito de zona de desenvolvimento proximal (ZDP)¹¹. Trata-se da distância compreendida entre o desenvolvimento real do sujeito e o seu desenvolvimento em potencial, no movimento que ele estabelece por meio das interações com outro indivíduo. Logo, entre uma extremidade e outra – não tão limitada – dessa distância há capacidades do indivíduo em processo de devir. Elas conclamam por resolução de tarefas, de início com auxílio de outros para – por consequência das interações e suas mediações simbólicas e instrumentais – posteriormente, elas e situações similares, serem desenvolvidas de forma independente. Portanto, em outra extremidade há os possíveis desempenhos que podem ser alcançados pelo indivíduo.

Essa distância compreendida entre os preâmbulos de tais extremidades, é a representação do campo do desenvolvimento possível. Nela, são estabelecidas as ações e mediações que serão realizadas por meio da interação do sujeito com seus pares (professores, tutores, outros estudantes etc.), com vista à potencialização de desenvolvimento do estudante, sob condições e contextos favoráveis. Sem a interação com o outro, o processo de internalização – ao se considerar o conceito de nível real e potencial – não é possível potencializar, em grau máximo, o desenvolvimento do estudante por via do ensino.

Vou exemplificar com o ensino de fração. Se o estudante ainda não possui o conceito de divisão e de medida apropriados, significa que eles ainda não pertencem

¹¹ Há referências que usam a tradução “zona de desenvolvimento próximo” e “zona de desenvolvimento imanente”.

ao desenvolvimento real do estudante e, por decorrência, ele terá dificuldades em se apropriar do conceito fração. Nesse caso, antes de ter a formação do conceito fração como objetivo, é necessário promover o processo de desenvolvimento de apropriação do conceito divisão, como forma de ultrapassar o nível potencial e atingir o nível real, pois sem ele, no estudante, não se constituirá ZDP peculiar à formação do conceito fração.

Reafirmo o pressuposto de que o desenvolvimento psíquico do estudante é uma consequência do processo de aprendizagem. Para tanto, se faz necessário a existência de uma didática potencializadora, isto é, que proporcione ao estudante o desenvolvimento daquilo que é potencialmente alcançável, em oposição àquilo que ele faz, o seu real. A didática é, portanto, o elemento da atividade de ensino que regulará e possibilitará a formação de conceitos no processo de aprendizagem.

Para Galperin (1986), essa atividade precisará ser fomentada seguindo três momentos peculiares ao ciclo cognoscitivo: a *orientação*, a *execução* e o *controle* da ação. O termo cognoscitivo surge com base na palavra cognição que envolve funções psíquicas, apoiadoras do desenvolvimento intelectual do indivíduo, como: pensamento, linguagem, percepção, memória, raciocínio, entre outros.

Talízina (1998, p. 14, tradução nossa) define a atividade como “o processo de interação do sujeito com a realidade na resolução de problemas, de modo que a partir da mediatização semiótica (signos, linguagem) resulta na formação de sua psique”. A atividade é, portanto, o núcleo do processo de desenvolvimento. Nessa relação, há a presença do indivíduo em interação com a sua realidade, por consequência de suas necessidades e motivos objetivados, que promove o desenvolvimento de suas funções psicológicas.

Com esse pressuposto, chegamos à teoria de Galperin (1986), pois tem o conceito de atividade presente no processo de internalização e assimilação das ações. O planejamento das ações ocorre por etapas: 1) materializada, que é a interpretação daquilo que é concreto; 2) da linguagem, com base na fala e na atividade colaborativa, para que ela possa ser; 3) representada mentalmente.

O autor baseia-se em Leontiev (1978) acerca do que é atividade, bem como nos princípios enunciados por Vygotski (2014 – Tomo III e Tomo VI) sobre o desenvolvimento psicológico do indivíduo. Ele propôs-se a contribuir com teoria Histórico-cultural, no que diz respeito ao processo de ensino-aprendizagem, mais especificamente com a investigação referente à compreensão de como ocorre

sistematicamente o processo de assimilação. Sua principal contribuição é a teoria da formação planejada das ações mentais e dos conceitos (TFPAMC), que tem a atividade como o caminho, pelo qual ocorre a passagem da realidade externa para a realidade interna do indivíduo (GALPERIN, 1986).

A teoria considera que a assimilação das ações (peculiares à atividade de apropriação conceitual) em formas de representações mentais, promove o desenvolvimento cognoscitivo do sujeito. Quando o indivíduo nasce, possui características do processo histórico de hominização da cultura, ou seja, ele nasce com atributos decorrentes da evolução da espécie. Porém, é por meio do processo de assimilação da cultura que ele se torna humanizado, isto é, adquire características culturais e sociais, que também foram historicamente desenvolvidas pelas relações vivenciadas pela espécie.

Em outras palavras, ele assimila o que é externo e as representa em torno de ações mentais. Galperin (1959, tradução nossa) salienta que “as ações, que depois se convertem em mentais, primeiramente foram externas, materiais. As ações mentais são os reflexos derivados dessas ações materiais”. Assim, a ação mental é a capacidade de realizar mentalmente a transformação de um objeto.

Por exemplo, o reconhecimento de uma estrutura em um formato triangular representa uma ação mental decorrente de um processo de internalização e assimilação do objeto triângulo. Outro exemplo é a representação automatizada da palavra triângulo, que ao lê-la, o indivíduo representa mentalmente uma figura fechada estabelecida por três segmentos, seus lados. Isso ocorre porque essa ação mental está automatizada, decorrente de suas interações sociais e processos de assimilação do conceito. Além disso, a palavra triângulo representa um signo cultural do contexto do indivíduo.

Galperin (1976; 1986) parte do princípio de que a organização dos conceitos das disciplinas escolares, em um processo planejado de aprendizagem, deve ocorrer de modo a propiciar o desenvolvimento dos processos mentais do estudante, durante a tarefa, que é orientada pela comunicação. Para ocorrer a formação da ação interna de modo planejado e orientado, com base na ação exterior ao indivíduo, Galperin (1959; 1986) apresentou quatro etapas, a saber: i) formação da base orientadora da ação (BOA); ii) formação da ação no plano material; iii) formação da ação no plano da linguagem externa; e iv) formação da ação no plano mental.

Ainda, para Galperin (1986), o processo de assimilação passa por esses pilares. Para tanto, considero a operação matemática divisão para que eu possa exemplificar esse processo dinâmico e complexo que é estruturado nas referidas etapas.

Ao solicitar que o estudante resolva uma divisão (essa é a ação), se faz necessário perceber se ele sabe o que é divisão (representação conceitual da ação) e como realizar essa operação matemática (representação operativa da ação). Para isso, o professor precisará estimular a formação da base orientadora da ação (BOA), que consiste em fornecer ao estudante o alicerce necessário para que ele consiga se orientar durante a realização da ação, ou seja, para que ele saiba o que fazer e como fazer.

Tendo como referência a formação dessa base, o estudante poderá resolver a tarefa colocada a ele, com base em uma situação problema materializada. Nela, por meio de agrupamentos (dos próprios dedos das mãos, material dourado ou outros instrumentos culturais), bem como a adoção de um algoritmo ou esquema que ele saiba utilizar para realizar divisões, envolvendo os conhecimentos científicos teóricos. Esse é o momento em que a ação passa a ocorrer no plano material, mas ainda não é uma ação internalizada.

Ao interagir com esses aspectos materiais, o estudante adquirirá aspectos internos da linguagem, que lhe permite a apresentação e justificativa peculiares ao conceito de divisão. Por exemplo, dizer que seis dividido por dois resultam em três. Isso ocorre porque a orientação passou para o campo da comunicação, isto é, ocorre a formação da ação no plano da linguagem externa. No exemplo, é evidenciada pela ação do estudante de apresentar uma resposta, sem recorrer à representação materializada, mas ainda não é automatizada.

Com o tempo – que pode ser horas, dias, meses, anos, a depender sempre da orientação, necessidades e motivações objetivadas – quando a tarefa não mais se constituir como algo desafiador para ele, a sua resolução se torna em algo operacional, isto é, está internalizado e automatizado. Ou seja, o estudante responderá mentalmente que seis dividido por três resultam em dois.

León (2018, p. 82, tradução nossa) apresenta que

No momento inicial da aprendizagem, pesa o "desenvolvimento atual", que deve ser transformado em desenvolvimento proximal no decorrer das ações de aprendizagem. As condições propostas por Galperin permitem

operacionalizar o trabalho do estudante - com a ajuda do outro -, na zona de desenvolvimento proximal, a fim de promover uma certa qualidade na aprendizagem, o que provoca mudanças significativas no desenvolvimento global da personalidade.

Concernente a isso, a autora reforça que a dinâmica das etapas da formação planejada das ações mentais depende da transformação do desenvolvimento real em um desenvolvimento próximo (que se tornará real) e das possibilidades e vivências dos estudantes. Por isso, a interação com o outro se faz presente em todo o processo para trazer à tona mediações e orientações próprias desse desenvolvimento, que não é estático e nem linear.

Considerar que cada uma das etapas ocorre de forma linear é uma visão simplista e mecânica sobre o princípio que rege a teoria aqui apresentada. León (2018) reforça que, apesar de cada etapa ter sua própria forma de compreensão e execução, elas se relacionam de modo que o estudante possa incorporar, ao plano mental, o objeto do conhecimento presente na atividade, desde a primeira etapa.

Portanto, o processo de assimilação da ação, segundo Galperin (1986), passa por uma base orientadora, uso de signos e instrumentos, em um processo de: materialização da ação, comunicação dessa ação em um momento em que está sendo internalizada, e a ação mentalizada como objetivo alcançado. No pano de fundo desse processo, há as motivações, necessidades e objetivos a serem alcançados, concernente ao que Leontiev (1978) apresenta em sua teoria.

Para Galperin (1986), que tem como cenário o contexto escolar, o motivo é subjetivo e os professores são os responsáveis por criar a necessidade, de acordo com o objeto de aprendizagem que é abordado em aula. Para Leontiev (1978), a real necessidade sempre diz respeito a algo, mediada pela reflexão psíquica do indivíduo.

Por um lado, os objetos que respondem às necessidades do sujeito aparecem diante dele em suas características objetivas como um sinal. Por outro lado, as condições de necessidade em casos mais simples sinalizam-se e são refletidas sensorialmente pelo sujeito como resultado das ações de estímulos receptores internos. Aqui, a mudança mais importante que caracteriza a transição para o nível psicológico consiste no início da conexão ativa das necessidades com os objetos que as satisfazem (LEONTIEV, 1978, p. 195, tradução nossa).

O indivíduo não conhece o objeto que satisfará sua necessidade até que ele a perceba em sua realidade, por meio de representações externas e internas. Quando isso ocorre, a necessidade passa a ser objetivada e o interesse pelo objeto

percebido torna-se um motivo que dirigirá a atividade do indivíduo rumo ao objetivo a ser alcançado (LEONTIEV, 1978).

Para Galperin (1986; 2009), a motivação é parte importante do processo de formação das ações mentais. Assim como preconizado por Leontiev (1978), a necessidade surge como condição inicial para a atividade, a fim de que emergja as motivações que direcionam as ações no caminho do desenvolvimento, em uma relação mediada com os pares. Tendo essa premissa, o processo de formação das ações mentais passa pelos pilares elencados, anteriormente, para os quais teço observações específicas sobre cada um deles.

4.2 Etapa de formação da Base Orientadora da Ação

No processo de formação das ações mentais e dos conceitos, a base orientadora da ação tem um papel fundamental por ser a ação externa responsável por estabelecer e fundamentar o início do desenvolvimento desse processo cognitivo. Isso se deve ao caráter orientador que a atividade de estudo assume. A BOA é, assim, estabelecida pelo professor no modo de organização do ensino, se caracterizando como a orientação profícua ao estudante.

Nesse sentido, Galperin (1979; 1986) considera que o estudante se orienta pela BOA e até pode reelaborá-la, conscientemente, durante o processo de aprendizagem, sob a mediação da comunicação (interação nas abordagens de Vygotski) com o outro. Portanto, “a aprendizagem representa a internalização de uma orientação externa, socialmente construída, para uma orientação interna, no plano mental, permitindo resolver as situações-problema com autonomia intelectual” (NÚÑEZ; RAMALHO; OLIVEIRA, 2018, p. 39).

Sendo a orientação a essência para a formação mental do estudante, o professor pode criar as condições dessa formação cognitiva pelo planejamento da tarefa de estudo, que terá a função de regular e formar a base orientadora da ação pelo estudante. O resultado desse planejamento do professor, considerando os pressupostos abordados até aqui, será a orientação do plano mental que, para Galperin (1979; 1986), potencializará o desenvolvimento do estudante.

Ao professor é atribuído o papel de criar tarefas de estudo, que permita ao estudante compreender a representação da ação, denominada por base orientadora da ação, bem como as condições na qual ela se realiza (NÚÑEZ; RAMALHO;

OLIVEIRA, 2018). Nesse sentido, a BOA pode assumir estruturas e dinâmicas diferentes, pois é importante que ela se adeque ao objeto do conhecimento em foco no processo (LEÓN, 2018).

Em consequência, a existência da BOA se apresenta quando há a necessidade de promover a assimilação de uma nova orientação da ação no plano mental do estudante, o qual inicia o processo planejado de formação das ações mentais, descrito por Galperin (1979; 1986). Essa necessidade pode ocorrer quando as ações assimiladas não são suficientes para a realização de novas tarefas. Um exemplo disso ocorre quando o estudante começa a se apropriar de operações matemáticas com números negativos e a ação assimilada sobre as operações matemáticas com números naturais e racionais positivos não são suficientes para apoiá-lo no desenvolvimento do pensamento do referido conceito.

A BOA tem a função de representar as condições necessárias à execução e controle racional da atividade. Ela se caracteriza por materializar uma ação em termos do seu conhecimento conceitual e operativo. Dessa forma, a BOA é composta pelo objeto de assimilação, a objetivação (produto) da ação, os procedimentos vinculados ao objeto do conhecimento que precisarão ser realizados e os modos de controle da ação. A sua elaboração precisará ser pautada nos conhecimentos prévios dos estudantes e no ambiente social dos estudantes a fim de promover uma racionalidade que regulará o seu desenvolvimento (GALPERIN, 1979; 1986).

Como mencionado, a BOA é um esquema conceitual-operativo planejado pelo professor de acordo com o perfil de seus estudantes, não tendo, portanto, um formato específico. No entanto, Galperin (1986; 2001) apresenta uma continuidade à compreensão da BOA, com o agrupamento, sob três critérios, os vários tipos de BOA que podem surgir.

O primeiro critério refere-se ao grau de generalização da ação. A BOA pode representar características gerais de um objeto do conhecimento, por exemplo, as condições para o estudante classificar qualquer polígono em regular ou irregular. Mas, também, pode representar características de um caso específico, como as condições para o estudante identificar um pentágono regular. A generalização da BOA é que irá determinar a possibilidade de o estudante utilizar o que foi aprendido em outras situações e orientar-se para a execução da ação.

O segundo critério refere-se ao nível de detalhamento da representação da ação, que pode ser completo ou incompleto. O completo explicita conscientemente

todo o sistema de operações da ação, enquanto o incompleto forma uma abreviação da orientação. Um exemplo é a apresentação detalhada de todas as propriedades de um polígono regular versus a apresentação de algumas propriedades desse objeto do conhecimento.

O terceiro critério é o nível de dependência de seus pares que a ação requer do estudante, no processo de obtenção da sua base orientadora da ação. O modo de obtenção independente se refere ao momento em que o estudante elabora a sua orientação, sem auxílio de seus pares. Por exemplo, por meio da observação de vários polígonos, a fim de identificar suas semelhanças e diferenças, com base no detalhamento da ação. O modo de obtenção dependente requer o consumo de uma orientação elaborada pelos pares, seja professor, estudante, autor do material didático, pessoa que narra um vídeo etc., bem como o enunciado e a orientação presente no material entregue para realização da atividade de estudo.

Com base nesses critérios, Galperin (1986) classifica a BOA em três tipos: BOA tipo I, BOA tipo II e BOA tipo III, como se observa no quadro 3, a seguir.

Quadro 3. Tipos de BOA

TIPOS	GRAU DE GENERALIZAÇÃO	NÍVEL DE DETALHAMENTO	NÍVEL DE DEPENDÊNCIA (MODO DE OBTENÇÃO)
I	Específico	Incompleto	Independente
II	Específico	Completo	Dependente
III	Geral	Completo	Independente

Fonte: elaborado pelo autor

No quadro 3, é possível observar que a BOA tipo III apresenta uma orientação generalizada, completa e que pode orientar o estudante com base em seus conhecimentos prévios e ações assimiladas. Além de considerar a BOA tipo III essencial para sua teoria, Galperin (1986) apresentou que ela, necessariamente, contemple três modelos em sua composição, a saber: modelo do objeto, modelo da ação e modelo do controle.

O *modelo do objeto* apresenta o conhecimento conceitual do objeto/fenômeno a ser assimilado, de modo que responda à pergunta "o que é?". Por exemplo, se o objeto a ser assimilado fosse o perímetro de figuras bidimensionais, o modelo do objeto poderia ser a representação imagética de uma região em formato hexagonal

com o indicativo das medidas correspondentes aos segmentos que compõem os seus lados, bem como a informação da medida do contorno da região.

O *modelo da ação* apresenta o conhecimento operativo do objeto/fenômeno a ser assimilado. Ou seja, caracteriza-se pelo conjunto de operações para que se logre êxito na ação e, também, possibilita a elaboração da resposta à pergunta "como se faz?". No caso do exemplo anterior, o modelo da ação poderia ser a indicação de como obter a medida do contorno da região hexagonal, com a indicação do conjunto de operações que, nesse caso, é a adição das medidas correspondentes a cada segmento de reta definidor da região hexagonal.

O *modelo do controle* apresenta os critérios de regulação do processo, que permite a verificação de acertos e erros, em função do êxito no planejamento e execução. Assim, no exemplo em questão, o modelo do controle poderia ser tópicos guias do processo de obter a soma de todos os lados da região hexagonal, para que os estudantes se certifiquem se realmente desenvolveram todas as operações necessárias à execução da ação. Por exemplo, a verificação se considera: a medida dos seis lados da região hexagonal, a conversão das unidades de medida, se for o caso etc.

Portanto, independentemente do tipo da BOA, ela é planejada de acordo com os três modelos supracitados. Dessa forma, apesar de existir uma variada tipologia de bases orientadoras, no momento de organizar a aula, deve ser considerada aquela que o caráter do modelo da ação e do objeto seja o mais generalizado possível. Isso porque a aprendizagem se caracteriza como assimilação no máximo grau de generalização com a máxima qualidade da ação.

Assim, no exemplo relacionado ao conceito divisão, uma BOA tipo III adequada é aquela que orienta o estudante a desenvolver, passo a passo, o modo de ação pertinente àquele conceito. Se o professor pretende desenvolver a divisão de números naturais, é preciso que o estudante a internalize com diferentes números (nível geral de generalização) e não só com divisões em que o divisor é uma potência de 10 (nível específico de generalização).

O professor precisa propiciar a objetivação em que o estudante pense a divisão em um campo abstrato, conceitual e operativo (nível completo de detalhamento). E, com base nessa orientação, ele consiga realizar divisões com diferentes números naturais, isto é, com transferência desse aprendizado para o máximo de situações possíveis, conscientemente. Para isso, o professor planejará a

BOA de forma que considere o caráter independentemente do modo pelo qual o estudante obterá a orientação.

De acordo com Núñez, Ramalho e Oliveira (2018, p. 43), na BOA tipo III

[...] os estudantes devem estruturar o esquema de orientação geral, como suposições ou hipóteses que encaminham os processos de solução do sistema de tarefas propostas do mesmo tipo assim como o conceito em relação à sua definição, processando, paulatinamente, a informação de que dispõem para organizá-la em função dos problemas e tarefas.

Do ponto de vista epistemológico, a BOA deve representar o objeto da aprendizagem em relação ao seu caráter invariante, o essencial, considerado “como a estrutura da atividade em questão, que contém uma sequência de operações identificáveis funcionalmente” (NÚÑEZ; RAMALHO; OLIVEIRA, 2018).

Assim, ao se considerar o conceito quadrado como objeto da aprendizagem, a BOA indicará a representação do conceito para além de representações por meio de figuras fechadas de quatro lados. Portanto, trará evidência daquilo que é essencial a esse conceito, isto é, seu caráter invariante: quatro segmentos congruentes dispostos de modo a obter dois pares de segmentos paralelos e quatro ângulos retos, em que cada um deles une dois segmentos diferentes.

Vale, nessas alturas de minha exposição, retomar a discussão tecida por León (2018), acerca da transformação do desenvolvimento real em um desenvolvimento próximo, na dinâmica das etapas da formação planejada das ações mentais. Isso se justifica para salientar, que faz parte desse processo, a consideração do caráter invariante do objeto, a fim de possibilitar um grau máximo de generalização. A orientação – que tem em sua caracterização o que é essencial para a máxima aplicação em mais variados casos de situações problemas – foi denominada por Galperin (1992) de Esquema da Base Orientadora Completa da Ação (EBOCA), que delineio a seguir.

4.2.1 Esquema da Base Orientadora Completa da Ação

Como visto anteriormente, a BOA diz respeito à orientação dada à ação do estudante, que tem como base seu desenvolvimento real, estabelecido na sua ZDP, com a finalidade de possibilitar que o escolar forme ações mentais que contribuam com o seu desenvolvimento integral. O EBOCA, por sua vez, diz respeito à

orientação dada para a ação do estudante, com base no seu desenvolvimento próximo, de acordo com o que o professor e o próprio estudante desejam.

Trata-se de uma base de orientação estruturada pelas características essenciais do objeto, que permitirão uma adequada execução da ação e do controle desejáveis (NÚÑEZ; RAMALHO; OLIVEIRA, 2018). Nessa nova orientação, o modelo da ação passa a ter como característica a apresentação de uma estrutura racional (condições necessárias) e invariante das operações da ação, denominada de invariante operacional (IO).

O EBOCA e a BOA relacionam-se na ZDP. Enquanto a BOA do estudante se modifica gradualmente aproximando-se do EBOCA, esta última não se altera, permanece constante. Nessa aproximação entre uma e outra, o EBOCA pode vir a se tornar a BOA do estudante, como a relação estabelecida entre o nível de desenvolvimento real e desenvolvimento próximo do estudante, na ZDP (GALPERIN, 1992).

Portanto, o EBOCA está relacionado com o conhecimento que, culturalmente, está preconizado, potencializador da generalização teórica do objeto a ser assimilado. Isso porque os esquemas mentais dos estudantes e suas bases de orientação serão regulados pelo esquema pedagógico estabelecido, com base nos objetivos da componente curricular. A elaboração do EBOCA do estudante se dará de forma colaborativa e orientada pelo professor.

O professor elaborará uma orientação dessa natureza e, com base num sistema didático desenvolvimental invariante, criará as condições da assimilação, em um processo que articula a BOA e o EBOCA, no momento da aula. Para tanto, considera as etapas de assimilação da ação (materializada, linguagem e etapa mental) e a formação de ações de controle, por meio das tarefas de aprendizagem, que serão realizadas nesse processo.

Sobre as tarefas a serem realizadas no processo de formação das ações mentais, Talízina (2000) considera três funções: a primeira é a função de motivar o estudante, no início do processo de aprendizagem; a segunda é a função de ser a orientação da atividade que é objeto de aprendizagem; a terceira é a função de ser o meio pelo qual ocorrerá a formação mental. Assim, as tarefas que constituem o sistema de tarefas, que serão desenvolvidas nesse processo, precisam garantir a formação da BOA (orientação do plano externo) no plano mental (orientação do plano interno) (GALPERIN, 1986).

De acordo com Alvarez (1992), as tarefas precisam possibilitar, ao estudante, uma reflexão acerca do objeto de estudo, considerar suas experiências e conhecimentos prévios e promover o interesse cognoscitivo deles. Para isso, Talízina (2001) reforça que a tarefa seja estruturada de acordo com a etapa do processo de formação das ações mentais, de modo que ela se alinhe com a proposta da ação, naquele momento.

Segundo Galperin (1986; 2001), as diversas tarefas a serem elaboradas pelo professor precisam considerar as experiências e conhecimentos prévios dos estudantes, bem como a generalização teórica a atingir pelo estudante, no processo escolar. Portanto não pode desconsiderar o ciclo cognoscitivo: orientação, controle e execução. No EBOCA, o conteúdo permanece o mesmo, sendo alterado apenas a forma da ação, como preconizado por Talízina (2001).

Nesse caso, será preciso considerar o sistema invariante de operações, que comporá o modelo da ação e materializá-lo (forma material da ação), para, em seguida, promover o processo de internalização do modelo da ação (forma verbal da ação), que envolve a execução e controle da ação (forma mental da ação).

4.3 Etapa de formação da ação no plano material

Em seus estudos, Galperin (1979; 1986; 1992; 2001) abordou com mais intensidade a etapa de formação da BOA, e, posteriormente, estendeu para a formação do EBOCA, uma vez que essa etapa é fundamental para ocorrer a formação da ação no plano externo para uma ação mental, que gera o desenvolvimento.

Segundo o autor, uma BOA elaborada de modo a garantir um nível geral de generalização – com um nível de detalhamento completo, que possibilita sua elaboração pelo estudante de modo independente, com ajuda de métodos e ferramentas gerais – faz que as demais etapas se desenvolverão sem prejuízos. Para tanto, torna-se premente que as interações promovidas pelo professor se constituam como um momento de regulação do processo.

Apesar de não ter um estudo aprofundado sobre as demais etapas como há acerca da primeira, nesta e nas demais subseções apresento detalhes a respeito delas.

A etapa de formação da ação no plano material constitui, basicamente, o momento em que o estudante realiza tarefas com apoio externo. Ocorre, então, a materialização consciente da ação que foi orientada na etapa antecedente. Consideremos o exemplo anterior acerca do conceito divisão. A etapa de orientação materializada pode ser o momento em que o estudante começa a realizar tarefas, quantas forem necessárias, que requerem dele a realização do cálculo de divisão entre dois números, como uma forma de materializar as operações invariantes da ação que foram abordadas na etapa anterior.

Assim, ao realizar tarefas desta etapa, o estudante pode assimilar ações preconizadas na etapa anterior, que somente com a orientação materializada foi atribuído um sentido a elas. Dessa forma, como discutido por León (2018), fica evidente que as etapas não são desassociadas entre si, apesar de terem características próprias.

Nesta etapa, o professor pode recorrer a materiais diversos, como listas de exercícios, recursos digitais, materiais manipulativos etc., para orientar a assimilação consciente e a compreensão acerca da ação. Para Galperin (1986), o uso de materiais que possibilitam a experiência de ações com maior grau de detalhes e, posteriormente, com menor grau de detalhes, diminuídos gradativamente, colabora com o processo de internalização da ação.

Outro recurso que deve ser considerado, nesse momento, é a interação com os pares, isto é, outros estudantes e o professor. Na interação com o outro, ocorre a constituição da ZDP que permitirá o desenvolvimento desse processo de regulação e autorregulação rumo ao desenvolvimento próximo, tendo o EBOCA como referência ao estudante. Nesse sentido, é importante que os materiais ou a experiência sejam planejados de modo a possibilitar tal interação.

Talízina (2001) atribuiu importância para a interação com os pares, nessa etapa. Para a autora, a realização da orientação materializada permite que um integrante da equipe utilize o seu EBOCA para realizar o controle da ação, enquanto outro integrante realiza a tarefa e vice-versa. Dessa forma, os estudantes regularão as ações uns dos outros e as suas próprias, o que possibilita a tomada de consciência e o direcionamento da sua ação, com base em suas necessidades e motivações.

Portanto, esta etapa é fundamental para todo o processo, pois é o momento em que o estudante terá contato com a ação em sua realidade objetiva e caminhar

rumo a um processo de internalização da ação por meio de aplicações e materiais contidos em um cardápio amplo de possibilidades. Isso requer, desde o manuseio de recursos simples como lápis, tampa de garrafa etc., até esquemas gráficos ou verbais para organizar dados e ideias, promovedores do desenvolvimento. Porém, não se pode desconsiderar que os materiais e outros recursos de representação se apresentam movidos pela Base Orientadora da Ação que traz as ideias essenciais caracterizadoras do conceito científico teórico, em processo de internalização (apropriação).

4.4 Etapa de formação da ação no plano da linguagem externa

Esta etapa está diretamente vinculada à etapa anterior, uma vez que a orientação, na forma de linguagem externa, começa a ser realizada com base no momento em que o estudante deixa de ter uma orientação material com muitos detalhes. Ao passo que diminui o nível de detalhamento na etapa anterior, a orientação pela linguagem externa é produzida, devido ao processo de internalização da ação (GALPERIN, 1986; 1992; TALÍZINA, 2001).

Nesse processo, linguagem e pensamento se conectam, como elucidado com base em Vygotski (2014 – Tomo II), pois o estudante toma consciência da sua ação, por meio das operações intelectuais que são produzidas na experiência externa. Segundo Galperin (1986; 2001), a função psicológica superior linguagem, passa a regular a atividade do estudante por meio da generalização da palavra.

A esse respeito, León (2019; 2018) considera fundamental a atribuição de significados às palavras e outros signos, durante a constituição da BOA pelo estudante, que serão utilizadas no decorrer do processo de formação das ações mentais. Esta etapa é direcionada ao desenvolvimento da linguagem que, por meio das tarefas e interação com seus pares, o estudante se apropria de significados que o possibilita transitar entre diferentes tarefas nos limites da generalização (TALÍZINA, 2001).

A ação no plano material passa a ser potencializada no plano mental por meio da linguagem, que regula a atividade do estudante e permite que ele comunique com seus pares as suas ideias, como ação comunicativa própria do sujeito e não com base nas reflexões das ações materiais. Isso conduzirá o estudante a um processo de sintetizar a assimilação verbal (GALPERIN, 2001).

Ainda, no exemplo do conceito divisão, esse é o momento em que o estudante consegue comunicar, aos seus pares, o modo que resolveu a divisão do número 36 por 12, por exemplo. Ele sai do campo mecânico da ação (execução de um algoritmo), passa a comunicar a necessidade de transformar três dezenas em 30 unidades ou, ainda, atribuir o significado de múltiplo e divisor, por meio das operações intelectuais que estão sendo formadas.

Segundo Galperin (2001), esse é o momento em que a ação se separa da representação do objeto e passa a existir no plano do pensamento verbal, ocasionado pelo encontro da linguagem e pensamento, como apresentado anteriormente de acordo com Vygotski (2014 – Tomo II). Núñez, Ramalho e Oliveira (2018) atribui a esse momento, a reflexão, ocasionada pelo contraste entre aquilo que se está sendo estabelecido no campo da linguagem externa (caminhando para o campo mental) e aquilo que foi visto como modelo da ação. Portanto, possibilita que o estudante desenvolva o controle de sua própria atividade.

4.5 Etapa de formação da ação no plano mental

Assim como nas demais, nesta etapa há uma relação com as outras que a antecede. Ela ressalta o caráter complexo e não linear desse processo, uma vez que a orientação no plano mental começa a ser realizada, a partir do momento em que o estudante passa a desenvolver uma ação reduzida no aspecto de orientações externas, que ganha corpo em sua reprodução mental.

É o momento em que a experiência externa ganha representações mentais. A ação é transformada na fala interior do estudante e são geradas imagens mentais do modelo da ação. É o momento em que o estudante desenvolve a execução e o controle da ação, como algo independente aos seus pares em que a ação se torna pertencente ao seu pensamento (GALPERIN, 1986).

A linguagem é um ponto central da teoria de Gaperin (1986), por ser ela o caminho pelo qual o estudante cria as representações mentais da ação que foram concebidas no plano externo. Nesse momento de formação da orientação mental, a linguagem continua a exercer esse papel de dirigir a atividade do estudante, de modo que possibilite a automatização da ação e a redução da orientação, a fim de encaminhar a assimilação do objeto de aprendizagem.

Retomemos ao exemplo do conceito de divisão. Essa etapa se traduz no momento em que o estudante resolve operações de divisão com maior agilidade, sem necessidade de apoio externo e com procedimentos mentais. Ao se deparar com a divisão de 36 por 12, por exemplo, ele obtém o resultado dessa operação pelos significados de múltiplo e divisores, assimilados e a ação é um fato de seu pensamento. Do mesmo modo, consegue se autorregular frente a um erro.

Nesse momento, é importante que as tarefas sejam elaboradas, pelo professor, levem em consideração esse novo momento da formação da ação no plano mental do estudante. Ou seja, de modo que permita a execução da ação nos limites da generalização e, também, conduza para a aprendizagem em outros contextos. Além disso, coloca-o em um novo processo pela reconstrução da sua BOA (GALPERIN, 1986; 1992; TALÍZINA, 1998; NÚÑEZ; RAMALHO; OLIVEIRA, 2018).

Nesta etapa, a orientação teórica, base de elaboração do EBOCA do estudante, foi apropriada por ele em seu nível mental e passa, agora, a exercer o papel de orientação de uma ação objetiva (GALPERIN, 1986; 1992; 2001). Por exemplo, o conceito de divisão orientará as ações objetivas na realidade do estudante, como em um processo de dividir horas fixas de estudo em cinco dias da semana.

O resultado desse processo pode ser mensurado pelo professor, devido ao planejamento estabelecido desde o início do processo de assimilação das ações, orientado pela BOA e o EBOCA pelo estudante. Todas essas orientações são potencializadas nas tarefas devidamente elaboradas pelo professor e conduzidas, gradualmente, na experiência de assimilação da ação pelo estudante. Tudo isso ocorre em sua interação com o outro, sob a mediação simbólica de recursos presentes na sua realidade objetiva.

Portanto, uma vez assimilada, a ação mental passa a ser meio para a formação de outros conceitos científicos. Nesse sentido, a relação que há entre a formação da ação mental com a formação dos conceitos é o fato dela se caracterizar como imagem ou representação do conceito (GALPERIN, 1986; NÚÑEZ; RAMALHO, OLIVEIRA, 2018).

A aplicação da TFPAMC, em momentos de aula, requer um diagnóstico da BOA dos estudantes, bem como o EBOCA como orientação de referência e seu caráter de assimilação de um dado objeto condicionado ao seu limite de aplicação.

Por fim, a atividade é o ponto central do processo e o ensino deve considerar o papel colaborativo e a condição potencial de desenvolvimento.

4.6 Etapas de formação da ação mental e o desenvolvimento do pensamento computacional com base em seus quatro pilares: que relações há?

Na seção 2, apresentei e discuti alguns pressupostos teóricos sobre o que é denominado *pensamento computacional*, na literatura nacional e internacional, e apresentei a perspectiva adotada nesta tese. Na seção 3, busquei dialogar com a formação de conceitos, em Vygotski (2014 – Tomo II). E, nesta seção, 4, apresento o modo pelo qual ocorre a formação planejada das ações mentais e dos conceitos, segundo Galperin (1986).

Uma vez que o objetivo desta pesquisa de doutoramento se voltou à investigação das possíveis relações entre o desenvolvimento do pensamento computacional e a gênese do processo de formação planejada por etapas das ações mentais e dos conceitos – de modo a identificar o desenvolvimento do pensamento computacional e a sua contribuição com a formação de conceitos – apresento, na seção 7, as especificidades de tal relação a elucidar, na discussão da produção dos dados.

Como relatado na seção 1, a motivação por realizar este estudo de doutoramento se deu por questões provenientes da pesquisa de mestrado, que se moldaram na minha atuação profissional, desde então. Nesse contexto, os principais questionamentos que me fazia eram: havia uma receita ou forma de apoiar o professor na estruturação de uma tarefa que lhe possibilitasse a promoção e identificação do desenvolvimento do pensamento computacional de seus estudantes? A tarefa a que me proponho visa, não uma formação sobre pressupostos e práticas da Ciência da Computação, mas uma formação conceitual vinculada ao desenvolvimento das capacidades peculiares à área do conhecimento envolvida, por exemplo, a Matemática?

O pressuposto era de que entre as respostas não poderia ser a de que uma das formas seria promover o desenvolvimento dos quatro pilares, no processo de resolver problemas, pois era insuficiente, além de se caracterizar como um ato superficial e inadequado que desprezaria a complexidade envolvida, no processo de desenvolvimento cognitivo. Nesta tese, considero que, em estágio inicial, estou rumo

a uma possível resposta que busque considerar as características de tal processo, em diálogo com os pressupostos, apresentados anteriormente.

Em Silva (2018), Silva, Zampieri e Javaroni (2019), fica evidente a necessidade de uma estruturação desses tipos de tarefas de ensino, não no sentido de dar pronto ao professor a receita e o passo a passo a seguir, mas estruturar o seu planejamento e a necessária mediação na interação entre estudantes e entre eles e professores. Como discutido na seção 2, as referidas considerações foram defendidas no campo teórico por Sanfors e Naidu (2016) e Shute, Sun e Asbell-Clarke (2017) anterior à Silva (2018) e por Labush e Eickelmann (2019), concomitante à Silva, Zampieri e Javaroni (2019).

Para tal organização, apoiei-me em Galperin (1986) com vistas a articular o desenvolvimento dos pilares do pensamento computacional com as etapas de formação da ação mental propostas na TFPAMC. Assim, essa organização poderia ocorrer de modo que o desenvolvimento do pensamento computacional contribua para a formação de conceitos, que promova a articulação entre as capacidades vinculadas ao desenvolvimento do pensamento computacional e aquelas peculiares à Matemática.

Como antes discutido, apesar das etapas da formação planejada das ações mentais possuírem sua própria forma de compreensão e execução, elas se relacionam de modo que os estudantes incorporem ao plano mental o objeto do conhecimento presente na tarefa, desde a primeira etapa. É possível observar em Silva (2018) e Javaroni e Silva (2019) que isso ocorre ao se considerar, por exemplo, o desenvolvimento dos pilares do pensamento computacional.

No entanto, não há uma linearidade absoluta, em que primeiro se desenvolve a decomposição, depois reconhece-se os padrões, em seguida se realiza o processo de análise e síntese dos dados e, por fim, organiza-se em forma de uma sequência lógica e ordeira de passos, a fim de se obter a solução final. Há, sim, uma orientação estimulada por essa organização, mas o processo de assimilação da ação é complexo e um pilar ganha evidência, ao passo que o outro demanda menor dependência no processo de resolver o problema proposto.

Nessa relação que busco estabelecer na presente tese – com vistas ao seu objetivo geral – há a necessidade de se estabelecer uma BOA e um EBOCA adequados. Isso significa que se considere o objeto do conhecimento envolvido e aspectos culturais da Ciência da Computação, que estão preconizados no ambiente

social do estudante. Tal necessidade decorre do pressuposto de que a ação externa é a responsável por estabelecer e fundamentar o início do desenvolvimento desse processo cognitivo. Mas, de modo que faça sentido a presença e se tenha uma possível contribuição dos pilares do pensamento computacional, no decorrer do processo de formação da ação no plano mental.

Portanto, a atividade de ensino requer uma estruturação que considere esses aspectos culturais da Computação, presentes no ambiente do estudante, de modo que lhe possibilite uma reflexão acerca do objeto de estudo. Também, contemple suas experiências e conhecimentos prévios – que, provavelmente, postula por superação – e promova o seu interesse cognoscitivo.

Ao considerar o sistema de operações invariantes, que irá compor o modelo da ação e materializá-lo (forma material da ação), busco uma aproximação com os pilares *decomposição* e *reconhecimento de padrões*, como meios que possibilitem a formação da ação no plano material. Essa etapa é o momento em que o estudante realiza tarefas com apoio externo. Os dois pilares podem apoiar a materialização consciente da ação, com base em experiências oriundas do ambiente cultural, que o motivem e façam sentido para seu desenvolvimento.

Quanto à internalização do modelo da ação (forma verbal da ação), busco uma aproximação com o pilar *algoritmo* (conforme concepção de Krutetskii (1976), mencionada anteriormente), como meio que possibilite a formação da ação do estudante no plano da linguagem externa e a identificação dessa formação pelo professor. Após a decomposição e o reconhecimento de padrões que apoiam a resolução das partes do problema, inicia-se o processo de organização das soluções, de forma ordenada, otimizada e orientada pelos significados das palavras e signos presentes na etapa anterior e vinculadas ao objeto do conhecimento.

Nesse ato de sequenciar logicamente as soluções, ainda há a presença do reconhecimento de padrões, de forma minimizada. Além disso, há a presença da linguagem externa, potencializada pelo seu próprio desenvolvimento, que possibilita ao estudante a interação com seus pares, a fim de estabelecer sentidos aos significados utilizados em suas produções (resultados). A elaboração dessas produções é um meio do estudante comunicar, com seus pares, as suas ideias, como ação comunicativa própria do sujeito e não com base nas reflexões das ações materiais. Trata-se, pois, do momento em que o professor poderá identificar se há a influência cultural da Computação, nesse desenvolvimento.

Vale reafirmar que as etapas não são lineares. Também, que a decomposição e o reconhecimento de padrões se minimizam em todo o processo. Além disso, a constituição do pilar algoritmo evidencia a existência da ação no plano do pensamento verbal, por meio da reflexão e comunicação entre os pares. Do mesmo modo, o pilar abstração se constitui no contraste entre aquilo que se estabelece no campo da linguagem externa (que caminha para o campo mental) e aquilo que foi visto como modelo da ação, com foco apenas nos detalhes que são importantes.

A centralidade nos atributos essenciais pode apoiar o estudante no desenvolvimento da execução e do controle da ação (forma mental da ação), como uma ação independente dos seus pares. Assim, busco, pois, uma aproximação com o pilar *abstração* como meio que possibilite a formação da ação do estudante no plano mental. O desenvolvimento do referido pilar pode contribuir com a automatização da ação e a redução da orientação, que caminha para a assimilação do objeto de aprendizagem.

Portanto, essas são as relações que me dedico a investigar nesta tese, sem desconsiderar a complexidade do processo cognitivo. Na seção 7, será possível observá-las no processo de formação das ações mentais dos estudantes, participantes desta pesquisa, acerca do conceito polígono regular.

5 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO EM RELAÇÃO À TEMÁTICA DE ESTUDO

“As aquisições do desenvolvimento histórico das aptidões humanas não são simplesmente dadas aos homens nos fenômenos objetivos da cultura material e espiritual que os encarnam, mas são aí apenas postas. Para se apropriar destes resultados, para fazer deles as suas aptidões, “os órgãos da sua individualidade”, a criança, o ser humano, deve entrar em relação com os fenômenos do mundo circundante através de outros homens, isto é, num processo de comunicação com eles (LEONTIEV, 1978, p. 267).

Nas seções anteriores, apresentei um estudo teórico acerca dos fundamentos que sustentam a investigação que é exposta nesta tese, a saber: o desenvolvimento do pensamento computacional, formação de conceitos e a teoria da formação planeada das ações mentais e dos conceitos. Agora, antes de evidenciar o percurso metodológico – que me guiou, na pesquisa de campo – e apresentar os dados e discuti-los à luz da fundamentação teórica apontada, exponho nesta seção um levantamento bibliográfico de teses e dissertações nacionais sobre a temática, em intersecção com a Educação Matemática. Considerarei apenas trabalhos nacionais devido ao tempo destinado a essa ação frente a outros momentos da pesquisa que estavam em desenvolvimento.

A seção está dividida em três partes: na primeira, apresento as teses e dissertações que relacionam o pensamento computacional com a Educação Matemática; na segunda, discorro sobre as teses e dissertações que relacionam a teoria da formação das ações mentais por etapas com a Educação Matemática; e na terceira discuto uma possível interlocução entre pensamento computacional, teoria da formação das ações mentais por etapas e Educação Matemática, que é o foco geral desta tese e uma contribuição para a área, visto que não foram identificados trabalhos que relacionassem esses três temas.

5.1 Literatura referente à relação entre Pensamento computacional e Educação Matemática

Nesta subseção, abordo as teses e dissertações encontradas, que relacionam o pensamento computacional com a Educação Matemática, com foco na evidência dos procedimentos utilizados para obtê-los.

Os estudos apresentados, neste tópico, foram obtidos por meio de uma busca realizada na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações¹² (BDTD), que foi desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict) e “integra e dissemina, em um só portal de busca, os textos completos das teses e dissertações defendidas nas instituições brasileiras de ensino e pesquisa” (IBICT, 2023)

Foram encontrados 42 trabalhos, sendo 33 dissertações e 9 teses, no site da BDTD. A busca avançada ocorreu com os termos “pensamento computacional” e “Educação Matemática”, intersectando-os com correspondência de busca em todos os termos. Uma vez que não inseri limites para o ano de publicação, o resultado reportou trabalhos defendidos entre 2002 e 2021, sendo que nos anos 2003, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2011 e 2013 não se localizou nenhum trabalho. Na Tabela 1, apresento a distribuição desses estudos, por ano.

Tabela 1 – Quantidade de dissertações e teses encontradas na BDTD

Tipo	2002	2004	2008	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Dissertação	1	0	0	1	1	0	3	2	7	8	4	6
Tese	0	1	1	0	0	1	0	0	2	1	2	1
Total	1	1	1	1	1	1	3	2	9	9	6	7

Fonte: elaborado pelo autor

No entanto, como a busca foi realizada com correspondência em todos os termos, os trabalhos de Melo (2002), Lima (2004), Silva (2008), Rocha (2012), Marcelino (2014), Silva (2015), Menezes (2018), Nascimento (2018), Pires (2018), Pereira (2019), Almeida (2020) e Almeida (2021) não se referem especificamente ao pensamento computacional e Educação Matemática, mas somente ao termo “pensamento” ou “computacional” ou “Educação Matemática”, todos com suas derivações e complementos.

Excluídos esses trabalhos, apresento apenas 30 trabalhos obtidos por meio da pesquisa mencionada. Na Tabela 2, identifico cada um deles, de acordo com o ano de defesa e o tipo: dissertação ou tese.

¹² Site: <http://bdtd.ibict.br/>. Acesso em 28 março, 2023.

Tabela 2 – Identificação dos trabalhos encontrados na BDTD que interseccionam o pensamento computacional e a Educação Matemática

Tipo	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Dissertação	Bozolan (2016)	Costa (2017)	Carvalho (2018)	Barbosa (2019)	Silva (2020)	Silva (2021)
	Rodrigues (2016)	Mestre (2017)	Silva (2018)	Massa (2019)	Zilio (2020)	Machado (2021)
	Silva (2016)		Silva Júnior (2018)	Miguel (2019)	Bessa (2020)	Grave (2021)
			Egido (2018)	Santos (2019)		Santos (2021)
			Santos (2018)	Silva (2019)		Souza (2021)
				Câmara (2019)		
Tese				Evaristo (2019)		
	0	0	Santos (2018)	Bussmann (2019)	Duda (2020) Barros (2020)	Navarro (2021)
Total	3	2	6	8	5	6

Fonte: elaborado pelo autor

É possível observar, na Tabela 2, que as pesquisas brasileiras de mestrado e doutorado, que articulam o pensamento computacional com a Educação Matemática, são recentes, com início de publicação, em 2016, com três dissertações. A primeira tese que articula tais termos de busca foi publicada em 2018. A seguir,

apresento as ideias gerais presentes em cada um dos estudos, indicados na Tabela 2.

Apoiada em teóricos como Piaget, Vigotsky, Morin e Peirce, Bozolan (2016, p. 43) apresenta sua concepção de pensamento computacional. Afirma que é “um conceito em desenvolvimento que trata das questões que envolvem o processo de cognição, ensino e aprendizagem no mundo contemporâneo quando utilizamos procedimentos estéticos, tecnológicos e computacionais”. Para a autora, o desenvolvimento do pensamento computacional, no processo de aprendizagem, possui três dimensões-chave: conceitos, práticas e perspectivas computacionais.

Para a autora,

Conceitos computacionais (os conceitos que os alunos devem possuir para terem autonomia de criarem seus próprios projetos e programas);
Práticas computacionais (como os programadores e não programadores criam fluência no desenvolvimento de seus próprios projetos e programas);
Perspectivas computacionais (as perspectivas de conhecimento de programação que as pessoas têm para o seu próprio desenvolvimento)
(BOZOLAN, 2016, p. 45).

Essas dimensões-chave guiaram a pesquisa de campo, realizada por Bozolan (2016), que tinha como objetivo: investigar se o desenvolvimento do pensamento computacional, propiciado pelo uso do software *Processing*, auxilia o processo de ensino e aprendizagem. Para isso, a autora realizou exercícios específicos com estudantes das disciplinas intituladas “Elementos Fundamentais da Matemática” e “Introdução ao Pensamento Computacional”, do curso de graduação em Comunicação Social – Midialogia, da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Ela concluiu que, mesmo os estudantes com dificuldades em Matemática, tiveram condições de realizar os exercícios por meio do ambiente computacional, por decorrência da contribuição do desenvolvimento do pensamento computacional.

No momento inicial da pesquisa de campo, Bozolan (2016) identificou que, ao utilizar um ambiente de programação, os estudantes se envolvem com um conjunto de conceitos computacionais. Isso conduziu a autora a identificar sete conceitos presentes na realização de projetos, com o envolvimento de programação, que podem ser transferidos a outros contextos. Também, de que não há programação computacional, mas preocupação com o desenvolvimento do pensamento computacional.

Esses conceitos são: “sequências, loops, paralelismo, eventos, condicionais, operadores e tratamento de dados” (BOZOLAN, 2016, p. 45). São eles que contribuirão para que o pensamento computacional seja desenvolvido na realização de projetos, como um auxílio ao processo de ensino e aprendizagem, pois

Ao identificar um conceito deste projeto estamos desenvolvendo um plano para realizar a solução deste projeto e assim, em seguida, devemos implementar o código para ver se resolvemos este problema. Este é um processo de adaptação em que o plano muda várias vezes em resposta às aproximações da solução que queremos obter. Os programadores descrevem ciclos de criação e construção – desenvolvem um pouco, depois experimentam, em seguida desenvolvem mais um pouco e testam, assim a forma de programas acontece com base em suas experiências e novas ideias (BOZOLAN, 2016, p. 47).

Bozolan (2016) se aproxima da perspectiva de Papert acerca do pensamento computacional. A autora ressalta que seu estudo se pautou nas ideias desse pesquisador, referente às contribuições do uso de linguagem de programação

no processo de construção do conhecimento e desenvolvimento do pensamento. [...]. Com o Pensamento Computacional estamos interessados nas formas como as atividades de aprendizagem, baseadas em programação por meio dos meios interativos, permitem o desenvolvimento do pensamento de jovens (BOZOLAN, 2016, p. 44).

Em sua dissertação, Rodrigues (2016, p. 21) define pensamento computacional “como uma abordagem que utiliza computadores, métodos e técnicas pertencentes ao domínio da Ciência da Computação para identificação, modelagem e resolução de problemas”. O autor assume as ideias de Barr e Stephenson (2011), apresentadas nesta tese na seção 2 e 3, e o estudo de programação de computadores como formas de explorar o pensamento computacional. Em seu trabalho, o autor evidencia uma visão acerca do pensamento computacional que se assemelha à perspectiva de Wing (2006; 2008; 2010; 2014).

Por meio de um estudo quantitativo, o autor analisou o efeito do pensamento computacional “desenvolvido pela programação de computadores na habilidade de resolução de problemas e no desempenho de estudantes na educação” (RODRIGUES, 2016, p. 3) em todas as áreas do conhecimento que compõe a Educação Básica.

O autor analisou, também, esses efeitos em um curso intitulado “Introdução à Ciência da Computação”, da Universidade Federal de Campina Grande, no estado da Paraíba. Apesar de não envolver estritamente a Educação Matemática, a pesquisa menciona resultados vinculados à Matemática na Educação Básica, que é

assunto de interesse da Educação Matemática, como área de pesquisa e de conhecimento.

Em relação aos efeitos do pensamento computacional sobre o desempenho acadêmico na Educação Básica, o estudo ocorreu com 113 estudantes que realizaram o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) no ano de 2014, com ingresso, em 2015, no curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de Campina Grande.

Foi considerado que a proficiência em programação, ou seja, o domínio de conjunto de habilidades que permite que uma pessoa desenvolva uma programação, é um dos fatores que influenciam o efeito do desenvolvimento do pensamento computacional sobre o desempenho dos estudantes. Por isso, o autor realizou um teste de proficiência em programação para que as habilidades, dos sujeitos da pesquisa em relação ao pensamento computacional, fossem avaliadas de modo mais preciso. Com base nos resultados, separou os sujeitos da pesquisa em dois grupos: experimental, com 62 estudantes; e controle, com 51 estudantes.

Os testes estatísticos de tratamento dos dados mostram que

Os resultados apontam que estudantes com experiência em programação obtiveram um melhor desempenho geral no ENEM e especificamente nas áreas de *Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Matemática e suas Tecnologias*. Os alunos do grupo experimental apresentaram uma diferença estatística significativa em relação ao grupo de controle. [...]. Assim, concluímos que [o pensamento computacional] pode ajudar à desenvolver habilidades que favorecem o desempenho de estudantes na avaliação do ENEM, logo, considerando que o ENEM é um bom representativo das [sic] habilidades que os estudantes desenvolvem na educação básica, os benefícios do [pensamento computacional] podem ser também extensíveis para as demais fases da educação básica (RODRIGUES, 2016, p. 51-52, destaque do autor).

Em relação à avaliação dos efeitos do pensamento computacional sobre as habilidades de resolução de problemas na Educação Básica, o estudo foi realizado com 36 estudantes do 2º ano/série do Ensino Médio de uma escola pública, localizada no referido município. Esses estudantes, também, foram divididos em dois grupos, de acordo com a proficiência em programação, a saber: experimental com 16 estudantes; e controle com 20 estudantes.

O autor concluiu que houve

Indícios quantitativos que fortalecem a hipótese de que [o pensamento computacional] pode melhorar as habilidades de resolução de problemas de estudantes durante a educação básica, dessa maneira, quantificar os efeitos do [pensamento computacional] sob o processo de solução de problemas é a principal contribuição desse estudo, uma vez que a partir

disso podemos demonstrar de forma prática as implicações positivas da inserção desses conteúdos do currículo da educação básica (RODRIGUES, 2016, p. 60).

Por fim, em relação à avaliação dos efeitos do pensamento computacional sobre as habilidades de resolução de problemas na Educação Superior, o estudo constituiu em cinco intervenções, com ênfase na resolução de problemas em programação de computadores. Para tanto, foram aplicados um pré-teste e um pós-teste, com estudantes do curso de Introdução à Ciência da Computação, da Universidade Federal de Campina Grande.

Novamente, os estudantes foram divididos em dois grupos: experimental, composto por 52 estudantes e controle com a participação de 60 estudantes, o que totaliza 112 estudantes. Por meio de análises estatísticas, o autor concluiu que “não foram observadas diferenças significativas no desempenho dos estudantes nos testes antes e após as intervenções” (RODRIGUES, 2016, p. 76).

Silva (2016) realizou um estudo de caso, com estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública, localizada no município de Pelotas, no Estado do Rio Grande do Sul. O objetivo da autora “foi investigar se o uso da lógica de programação potencializa o ensino de Matemática, por meio da resolução de problemas mediada pela Linguagem de Programação Scratch” (SILVA, 2016, p. 24).

Para alcançar esse objetivo, a autora promoveu ações que abordaram uma introdução ao pensamento algorítmico, utilização da página virtual Code.org para que os estudantes pudessem realizar práticas que propiciavam o desenvolvimento desse pensamento algorítmico, apresentação e exploração do software Scratch, bem como resolução de problemas com lápis e papel e utilizando a linguagem de programação presente no software Scratch.

A pesquisadora também aplicou um questionário no início das ações com a finalidade de caracterizar o perfil dos participantes da investigação, bem como seus interesses e conhecimentos acerca de programação de computadores e o software Scratch. Um segundo questionário foi aplicado ao final das ações para colher relatos dos estudantes sobre suas experiências ao utilizar a linguagem de programação presente no software Scratch para resolução de problemas.

Um dos embasamentos teóricos da investigação é o pensamento computacional e a resolução de problemas. Ao final da investigação, Silva (2016, p. 106) desenvolveu uma sequência didática com o objetivo de

instigar o profissional de ensino a repensar algumas práticas de sala de aula, [...] com algumas possibilidades pedagógicas que emergem da utilização da programação computacional no ambiente escolar, através da perspectiva de resolução de problemas mediada pelo uso da linguagem de programação Scratch, com a finalidade de envolver alunos do ensino médio na construção de conhecimentos matemáticos ligados ao raciocínio lógico/algorítmico.

Com isso, a autora aponta “o uso de atividades envolvendo a programação de computadores como um caminho para a adequação do ensino à era digital” (SILVA, 2016, p. 107). Conclui que “inserir a lógica de programação como parte do currículo escolar da educação básica, na conjuntura dos tempos atuais, não parece mais ser só uma boa ideia e sim uma necessidade” (SILVA, 2016, p. 107).

Assim como Silva (2016), Costa (2017) investigou a relação do pensamento computacional com a resolução de problemas matemáticos, na Educação Básica. Ancorado em Wing (2008), o autor considera que o pensamento computacional tem por base as “competências inicialmente adquiridas com o ensino de ciência da computação e possui características que podem ser agrupadas e utilizadas para desenvolver a capacidade de resolução de problemas” (COSTA, 2017, p. 1).

Para o autor, o pensamento computacional pode ser considerado, segundo duas vertentes de ensino: “a primeira delas consiste em estimular o [pensamento computacional] por meio de disciplinas específicas da ciência da computação” (COSTA, 2017, p. 88). A segunda vertente “parte do princípio de utilizar as características essenciais de cada disciplina em conjunto às competências do [pensamento computacional] para estimular a resolução de problemas” (COSTA, 2017, p. 88).

Pautado em Miskulin (2003), Marco (2004) e França e Amaral (2013), o autor destaca o impacto positivo do pensamento computacional ao se considerar “como uma forma de estímulo e aprimoramento da capacidade de resolução de problemas” (COSTA, 2017, p. 2). Com esse intuito, Costa (2017) objetivou

demonstrar que as competências para resolução de problemas propostos pelo [pensamento computacional], podem ser estimuladas nos estudantes da disciplina de matemática, sem a necessidade de disciplinas específicas da ciência da computação, através de questões utilizadas em sala de aula com maior conformidade com o [pensamento computacional] (COSTA, 2017, p. 4).

Para alcançar esse objetivo, inicialmente, o autor identifica a relação do pensamento computacional com questões de Matemática, desenvolvidas por

professores em sala de aula, em que a proposta era estimular a formação do pensamento computacional. A busca por essa relação partiu do pressuposto de que o desenvolvimento do pensamento computacional deveria estimular a resolução de problemas. Assim, Costa (2017) elaborou um método de classificação para as questões, com a utilização das competências que formam o núcleo do pensamento computacional, proposto por Barr e Stephenson (2011), que apresentei na seção 2.

Com o método de classificação definido, o autor coletou 200 questões de Matemática, do 8º e 9º ano do Ensino Fundamental em escolas públicas e privadas do município de Campina Grande, localizado no estado da Paraíba, que participaram do PISA, em 2012. Após a classificação, foi possível estabelecer um “comparativo entre os resultados da análise das questões das escolas em relação às questões do PISA” (COSTA, 2017, p. 7).

A diferença obtida nessa análise comparativa “subsidiou a proposta de um procedimento para elaboração de questões com maior conformidade com o [pensamento computacional]” (COSTA, 2017, p. 7), com o objetivo das questões apresentarem, após serem produzidas, “um número maior de competências do [pensamento computacional] aplicadas à matemática” (COSTA, 2017, p. 7).

Com esse procedimento, o autor produziu dez novas questões, que passaram por análise do método de classificação e apresentaram mais conformidade com as competências do pensamento computacional do que as anteriores. O autor realizou um experimento para analisar a realização dessas questões pelos estudantes.

Para tal, ele separou os estudantes em dois grupos, a saber: o primeiro grupo realizou questões que foram formadas por aquelas coletadas nas escolas; o segundo grupo realizou questões produzidas pelo procedimento elaborado em conformidade com as competências do pensamento computacional, adotadas pelo autor. Ao final, um teste formado por questões do PISA foi aplicado aos estudantes para “medir a capacidade de resolução de problemas de matemática” (COSTA, 2017, p. 8).

Por último, Costa (2017) realizou o mesmo experimento com 23 estudantes do 8º ano de uma escola estadual, do município de Campina Grande, para analisar as contribuições dessas questões para a resolução de problemas, por meio do pensamento computacional.

Costa (2017) concluiu que os estudantes – que realizaram as questões, elaboradas segundo o procedimento que as criou, pautadas no núcleo das características do pensamento computacional – obtiveram um desempenho melhor

do que os estudantes que desenvolveram as questões que não foram elaboradas com base nesse procedimento. “Os resultados apresentaram indícios de que os alunos foram impactados pelo processo e sua capacidade de resolução de problemas melhorou” (COSTA, 2017, p. 9).

Seguindo essa perspectiva de relacionar o pensamento computacional com a resolução de problemas matemáticos, Mestre (2017) realizou uma investigação em que o objetivo foi

contribuir para a adoção do [pensamento computacional] no contexto da matemática do ensino fundamental por meio da proposta de um conjunto de estratégias para resolução de questões de matemática utilizando o [pensamento computacional] (MESTRE, 2017, p. 4).

Para tal, a autora elaborou as estratégias de resolução de problemas, com base nas Competências Fundamentais da Matemática do PISA e nos Conceitos e Capacidade do pensamento computacional pelo CSTA e ISTE, apresentadas na seção 2 desta tese. Assim como Costa (2017), Mestre (2017) classificou questões de Matemática quanto à sua relação com o pensamento computacional. Ao todo, a autora classificou 161 questões do PISA.

Posteriormente, as questões classificadas pela autora foram validadas por especialistas em Ciência da Computação “que avaliaram se as capacidades da matemática se relacionam com os conceitos do [pensamento computacional]” (MESTRE, 2017, p. 76). Essas questões foram disponibilizadas a professores e estudantes com a finalidade de serem utilizadas em sala de aula.

Após selecionar as questões, que possibilitavam ao professor promover o desenvolvimento do pensamento computacional na resolução de problemas de Matemática, a autora criou um banco de questões de Matemática para disponibilizá-las aos professores, com o intuito de disseminar o desenvolvimento do pensamento computacional, em aulas de Matemática.

Para Mestre (2017, p. 8), o pensamento computacional

Atua no processo de formulação e solução de problemas que são representados de uma forma que pode ser realizado por um agente de processamento da informação, onde o computador e a computação agem como instrumentos facilitadores desse processo.

A proposta não é que os indivíduos pensem como um computador, mas que entendam os problemas considerando um ponto de vista computacional, explorando os seus aspectos, avaliando a sua complexidade e encontrando soluções otimizadas utilizando os recursos disponíveis.

Foi sob essa perspectiva de pensamento computacional, que a autora identificou relações com a Matemática. Ela concluiu que a “adoção das estratégias apresentadas no mapeamento proposto pode colaborar para a melhoria de desempenho dos alunos na resolução de problemas matemáticos” (MESTRE, 2017, p. 77).

Por sua vez, Carvalho (2018, p. 28) investigou “o que se revela de uma tarefa de Modelagem Matemática, no contexto de programação de computadores, desenvolvida por estudantes da Educação Básica”. Para tal, o autor elaborou uma tarefa de modelagem matemática para que estudantes da Educação Básica, de uma escola do estado de Minas Gerais pudesse desenvolvê-la, com a utilização do software Scratch.

Pautado em Wing (2016), o autor considera o pensamento computacional como “uma habilidade de aplicar conceitos da Ciência da Computação em outras áreas” (CARVALHO, 2018, p. 89). Também, infere que

[...] o que se revela de uma tarefa de Modelagem Matemática no contexto de programação de computadores, [...], se dirige, antes de tudo, à tarefa de Modelagem que foi inserida em um contexto de programação como um veículo, uma possibilidade à programação ou ao desenvolvimento do Pensamento Computacional (CARVALHO, 2018, p. 89).

Essa visão do autor se deve ao fato de a resolução da tarefa de modelagem ter proporcionado uma conotação específica, no contexto da programação de computadores, em que o foco não está no produto, que ele considera ser o modelo matemático, mas, sim, no processo de sua construção.

Esse aspecto merece destaque visto que, após o desenvolvimento da tarefa de Modelagem, o que realmente fica para o aluno é a ideia do pensamento computacional, a construção de um algoritmo para resolver um problema, que está muito além do simples conhecimento de alguns códigos do Scratch (CARVALHO, 2018, p. 94).

Para o autor, a realização da tarefa de modelagem, pelo estudante, abre possibilidade para o desenvolvimento do pensamento computacional. Indica tal relação como possibilidade de continuação desta investigação, que não teve como foco investigar o desenvolvimento do pensamento computacional, mas sim, a relação da modelagem matemática com os ambientes de programação de computadores. O pensamento computacional surgiu nas interpretações do autor no momento de análise dos dados produzidos.

A conclusão do autor é que a resolução da tarefa de modelagem, por meio da programação de computadores, “não se restringe somente aos conceitos matemáticos normalmente trabalhados em sala, mas envolve aspectos mais amplos, [...], possibilitando o desenvolvimento do [pensamento computacional]” (CARVALHO, 2018, p. 106-107).

Santos (2018, p. 20) também abordou a resolução de problemas em Matemática, com o uso da robótica educacional voltado ao pensamento computacional associado a ela, como um instrumento que explicita os invariantes operatórios mobilizados pelos sujeitos. Os invariantes operatórios aos quais o autor se refere, está vinculado à Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud.

O autor considera que o pensamento computacional é “uma forma de organização do conhecimento do sujeito que descreve a forma como ele interage com problemas complexos (SANTOS, 2018, p. 60). Complementa que “em sua essência, o pensamento computacional é, antes de tudo, uma característica humana, mesmo que a sua denominação evoque uma suposta vinculação a máquinas computacionais” (SANTOS, 2018, p. 60).

Santos (2018) identifica que o pensamento computacional envolve elementos associados aos conceitos, na perspectiva de Vergnaud. Por isso, o autor pontua que “pretende-se demonstrar que o pensamento computacional pode ser considerado um campo conceitual” (SANTOS, 2018, p. 60). A opção de abarcar o pensamento computacional, nesta perspectiva, é a possibilidade dele

servir de base para identificar a estrutura de abstração empregada pelo sujeito no processo de solução da situação problemática proposta. A ideia consiste em buscar nas descrições e reflexões sobre os roteiros de programação elaborados, elementos que se constituem como representações simbólicas, alguns indicadores dos invariantes operatórios mobilizados na resolução, que são fruto do processo de abstração (SANTOS, 2018, p. 24).

Sob essa visão, o autor desenvolveu sua pesquisa com licenciandos em Matemática de uma universidade pública do interior do estado do Paraná. Além disso, envolveu professores que ensinam Matemática na rede pública de Educação Básica do município de Irati, localizado no mesmo estado. O grupo de sujeitos era composto por pessoas que possuíam diferentes níveis de domínio de tecnologias digitais. Por esse motivo, o autor utilizou o aplicativo Scratch como um instrumento inicial para a estruturação de representações, por possuir uma linguagem de programação visual, que permite uma interação intuitiva.

Em seguida, os sujeitos vivenciaram a construção e manipulação de dispositivos robóticos vinculados a placa Arduino. “O propósito era que os sujeitos pesquisados utilizassem roteiros similares aos empregados na programação do comportamento da personagem do Scratch e, novamente, precisassem [sic] explicitar invariantes operatórios” (SANTOS, 2018, p. 74).

No entanto, por identificar dificuldades, referentes ao domínio desse recurso, o autor optou por utilizar a ferramenta *Ardublock*, por possuir uma interface semelhante à do Scratch, utilizado inicialmente. Após essa mudança, a tarefa foi continuar a identificação das dificuldades relacionadas ao domínio técnico dos sujeitos. Optou, também, por utilizar a plataforma robótica fornecida pela MakeBlock®, que tem por base a plataforma Arduino.

Com o instrumento definido, o autor propôs aos sujeitos, a resolução de problemas, no âmbito do Clube de Robótica e Automação, que abordavam conceitos de Geometria e Álgebra Elementar. Sua abordagem experimental se fundamentou na teoria da Engenharia Didática. O primeiro problema era criar uma sequência de passos que construísse figuras geométricas planas. Isso foi realizado, inicialmente, sem um recurso tecnológico. Em seguida, os sujeitos fizeram a mesma criação com a adoção do Scratch para, então, posteriormente, fazerem a mesma criação com um dispositivo robótico programável.

Ao analisar os dados por meio de categorias e subcategorias, o autor concluiu que

as subcategorias sequência, evento, paralelismo, repetição, condicionais, operadores e dados, integram a categoria dos conceitos do pensamento computacional. Já as práticas do pensamento computacional, iteratividade e incrementabilidade, testagem e depuração, reutilização e reformulação, abstração e modularização, possibilitam classificar as ações executadas pelos sujeitos da pesquisa durante a estruturação dos roteiros (SANTOS, 2018, p. 137).

Com base nessa análise, o autor defendeu a caracterização do pensamento computacional como um campo conceitual na resolução de problemas que envolvem o uso de robótica educacional como instrumento. Essa caracterização “passa pela definição de situações que permitam a fragmentação de problemas complexos em elementos mais simples, passíveis de resolução por uma máquina computacional (critério de computabilidade)” (SANTOS, 2018, p. 140).

Silva (2018), por sua vez, investigou o processo de formação de conceitos matemáticos de estudantes de quatro turmas de nono ano do Ensino Fundamental,

de uma escola pertencente ao Programa Ensino Integral, localizada no município de Rio Claro, interior do estado de São Paulo. Isso ocorre, concomitantemente, ao desenvolvimento do pensamento computacional, por meio da realização de tarefas com kit de robótica Arduino Uno e programação computacional com o software Scratch for Arduino.

Para alcançar o objetivo definido, o autor realizou quatro planos de aula. No primeiro e segundo, com a finalidade de oportunizar, aos estudantes, uma ambientação com a linguagem de programação em blocos, presente no software Scratch, e o kit de robótica Arduino Uno, respectivamente. No terceiro plano de aula, os estudantes realizaram uma tarefa em que se envolveram na construção e programação de um semáforo de três tempos. O intuito foi abordar conceito matemático: o resto da divisão euclidiana. No quarto plano de aula, os estudantes continuaram com o plano de aula 3, para alcançar o intuito do pesquisador de abordar a congruência entre dois números inteiros (módulo n).

Quando um trio de estudantes desenvolvia as tarefas do terceiro plano de aula, Silva (2018) observou que eles estavam com dificuldades procedimentais e conceituais acerca do algoritmo da divisão euclidiana. Diante da situação, o autor elaborou um plano de aula extra para aquela classe, no intuito de auxiliar os estudantes a superar a referida dificuldade, adotando o Material Dourado como recurso didático.

Para Silva (2018), o pensamento computacional pode ser desenvolvido com adoção de recursos tecnológicos ou não. Ele compreende o pensamento computacional

Como um conjunto de processos de pensamentos que desenvolvemos para resolver um determinado problema de forma que busquemos reconhecer padrões, realizar decomposição do problema em partes menores, realizar um raciocínio algorítmico e abstrato, que podem nos ajudar a pensar em novas ideias à medida que conexões vão surgindo nesse desenvolvimento (SILVA, 2018, p. 15).

Sob essa perspectiva de pensamento computacional, a conclusão do autor é de que o seu desenvolvimento, atrelado às ações de ensino no contexto da Educação Básica, pode fomentar o processo de aprendizagem. Ainda, pautado em Vygotsky (2008, 2011), Silva (2018, p. 235) infere que, quando o pensamento computacional é desenvolvido por meio de atividades com robótica, “contribui para a formação de conceitos matemáticos”.

Como Silva (2018), Silva Júnior (2018, p. 55) pautou-se em estudos de Vygotski. Sua pesquisa teve como objetivo: “investigar indícios do desenvolvimento de habilidades lógico-matemáticas mediadas pela utilização de tecnologias da informação e comunicação”. Os estudos de Vygotski apoiaram o pesquisador, no referente à interação entre os sujeitos da pesquisa no percurso de aprendizagem, nas comunidades virtuais.

A investigação contou com 399 participantes, com idades superiores a 18 anos, de um projeto intitulado, “Pensando em Códigos”, da Universidade Federal de Alfenas, que ofertou cursos pelo ambiente Moodle. Os cursos foram ofertados em duas etapas: a primeira, caracterizada como um estudo piloto, em que o autor utilizou a plataforma Code.org e o software Scratch; na segunda, utilizou apenas o software Scratch.

O curso da segunda etapa foi estruturado de modo a promover aos participantes, inicialmente, uma ambientação com o software Scratch. Posteriormente, foram propostos desafios, aos participantes, divididos em etapas e em graus diferentes de dificuldade. Tinha como objetivo promover o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático.

Embora o desenvolvimento do pensamento computacional não tenha sido objetivo do pesquisador, ao analisar os dados, o autor verificou que o contato dos sujeitos com o ambiente de programação e as interações ocorridas entre os participantes no Ambientes Virtual de Aprendizagem Moodle, possibilitou “a apropriação/internalização do [conteúdo presente no] software de autoria e dos preceitos do pensamento computacional” (SILVA JÚNIOR, 2018, p. 109).

Para Silva Júnior (2018, p. 46), o pensamento computacional é “um tipo de pensamento analítico que emprega pensamento matemático para entender e resolver problemas complexos dentro das restrições do mundo real”. Portanto, é compreendido, pelo autor, como uma função psicológica. Por isso, discorre que seu desenvolvimento decorreu da necessidade de criação de novas aptidões e funções psíquicas, provocadas pela experiência dos sujeitos com os ambientes de programação.

Silva Júnior (2018, p. 109) concluiu que o ambiente de programação contribuiu com a melhora do raciocínio lógico-matemático dos participantes. Além disso, a realização das ações do curso promoveu a “apropriação das ferramentas culturais

pelos participantes durante a ação da aprendizagem de conceitos do pensamento computacional mediada pelas tecnologias trabalhadas”.

Diferente dos anteriores, Egido (2018) realizou uma investigação com estudantes do 3º ano do Ensino Fundamental. Teve como objetivo, observar o desenvolvimento do pensamento computacional desses estudantes em situações de ensino de programação, por meio da abordagem construcionista de Papert (1985). A autora traça uma perspectiva de pensamento computacional, com base Papert (1985), em diálogo com autores que o precederam, como Wing (2006), Brennan e Resnick (2012), Barcelos e Silveira (2012), Zapata-Ros (2015), entre outros. Ela o concebe pensamento computacional como

uma abordagem de resolução de problemas anexando processos mentais e ferramentas que utilizam habilidades de organização e análise de dados, construção de algoritmos, abstração, criação de modelos, simulação, automatização de soluções e paralelismo (EGIDO, 2018, p. 31).

A autora ancora-se em Nunes (2011), que concebe o pensamento computacional como passível de ser desenvolvido por crianças em idade infantil. Tal premissa foi referência para embasar o desenvolvimento do pensamento computacional pelos estudantes, sujeitos de sua pesquisa. A autora admite que a resolução de problemas está presente em atividades de programação. Também entende que desenvolver o pensamento computacional é aprender a resolver problemas. Por isso, as pesquisas sobre resolução de problemas tornam-se um aporte teórico para a investigação.

Egido (2018) realizou, inicialmente, um minicurso, com 20 professores, um coordenador e um técnico de laboratório de uma escola municipal do município de Araucária, Paraná. Alfabetização, operações matemáticas, jogos e raciocínio lógico foram os principais temas que motivaram os professores a participar do curso. Após 25 horas de curso, apenas dois docentes finalizaram. Concomitantemente, a autora realizou um minicurso com estudantes e, dada a baixa participação dos professores, a autora optou por alterar o foco de seu estudo e direcionar seu olhar investigativo para as ações com estudantes de duas turmas do 3º ano do Ensino Fundamental, da mesma escola.

Os temas abordados nos problemas que os estudantes tiveram que resolver foram: ordenação, composição, reta numérica, operações, sequências, congruência, figuras geométricas planas e espaciais, perímetro, área, volume, medidas de massa

e tempo, sistema monetário, coleta, classificação e interpretação de dados, espaço amostral e gráfico de barras. Esses temas foram selecionados, pois constituíam o rol daqueles que as professoras, das duas turmas, desenvolveram com eles, durante o período de realização do curso.

Para abordar tais temas, Egido (2018) utilizou o software Scratch para que os estudantes pudessem criar jogos. Ao final do percurso, a autora realizou uma ação avaliativa com eles acerca dos temas abordados. Também, apresentou um questionário para verificar a satisfação deles em relação ao uso do Scratch para criar jogos digitais. Como resultado, a autora concluiu que o uso do Scratch possibilitou identificar a estratégia que estava presente no desenvolvimento do pensamento computacional e da competência de resolver problemas.

Por fim, pautada em Brennan e Resnick (2012), a autora identificou em todas as tarefas as dimensões que os autores apresentam como necessárias para um desenvolvimento do pensamento computacional de forma integral. Além disso, Egido (2018) identificou sete conceitos computacionais presentes nas diversas tarefas realizadas pelos estudantes, quais sejam: sequências, ciclos, execução em paralelo, eventos, condições, operadores e dados.

A motivação de estudantes na Educação Básica também foi pauta da investigação realizada por Santos (2018), que discutiu o termo *pensamento computacional* pautado em Valente (1993; 1999; 2005), Wing (2006), Blikstein (2008), bem como na teoria Histórico-Cultural e teoria da Atividade. Para isso, o pesquisador utilizou recursos como PhET Simulações Interativas, OpenOffice Calc e Scratch, para abordar conteúdos matemáticos.

O autor compreende pensamento computacional segundo a ótica de França, Silva e Amaral (2012), que consideram que se trata de como saber usar o computador para potencializar o caráter cognitivo e operacional humano. Também, articula com a compreensão de Wing (2006), para quem o pensamento computacional envolve métodos e modelos computacionais para resolver problemas. E finaliza com a indicação de Blikstein (2008) que concebe tal pensamento como uma habilidade de transformar teorias e hipóteses em programas e modelos computacionais.

Apesar de apontar a teoria Histórico-cultural, com menção a Vygotski, e a teoria da Atividade – com alusão a Burd (1999), Aquino e Cunha (2016), Libâneo (2004), Duarte (2003), entre outros – o autor articula, na pesquisa, as concepções

de Papert (1986; 2008), Valente (1993) e Maltempi (2011), entre outros, acerca do Construcionismo.

Santos (2018) utilizou questionários, entrevistas, diário de campo, fotografias, gravações audiovisuais e exercícios como instrumentos para produzir seus dados da pesquisa. Os sujeitos foram os estudantes do sexto ano do Ensino Fundamental, de uma escola pública do município de Santarém, no estado do Pará. Foram realizadas 10 tarefas, que passo a descrever.

A primeira versava sobre a percepção dos estudantes sobre a Matemática e quais suas visões acerca das tecnologias e pensamento computacional. A segunda tinha foco na Aritmética e os estudantes utilizaram o programa OpenOffice Calc para realizá-la. A terceira consistiu-se em exercícios de fixação sobre o conceito matemático abordado na tarefa anterior. Na quarta, quinta e sexta, foi utilizado o programa PhET Simulações Interativas para abordar o tema frações, números mistos e frações equivalentes, respectivamente. A sétima, oitava, nona e décima utilizaram o software Scratch para abordar a lógica matemática na criação de uma animação.

No entanto, em suas análises, o autor não considerou os pressupostos da teoria Histórico-cultural e teoria da Atividade. Conduziu a discussão para o campo da análise de como se deram as percepções dos estudantes sobre os softwares e as tarefas. Em sua conclusão, evidencia o quanto cada recurso tecnológico apoiou o processo de ensino-aprendizagem. O autor ainda menciona que o pensamento computacional “pode preparar os alunos para a vida numa sociedade cada vez mais marcada pela utilização das tecnologias e uma oportunidade de desenvolver habilidades que possam transformar o indivíduo” (SANTOS, 2018, p. 152).

Silva (2019, p. 13) também lançou seu olhar para a Educação Básica, especificamente para o Ensino Fundamental. Buscou “relacionar os conteúdos do currículo de matemática que podem ser aplicados no desenvolvimento de habilidades do pensamento computacional”. Essa relação teve por base as “competências e habilidades abordadas no documento Diretrizes para o ensino de Computação na Educação Básica elaborado pela SBC” (SILVA, 2019, p. 13). Além disso, o autor utilizou a taxonomia de Bloom para indicar o nível cognitivo das atividades que relaciona os conteúdos matemáticos com os conceitos computacionais. A finalidade foi indicar em quais conteúdo do currículo de Matemática, os conceitos do pensamento computacional podem ser aplicados, com vistas ao desenvolvimento, nos alunos, das habilidades para resolver problemas.

Para alcançar esse objetivo, o autor analisou a BNCC e o documento da SBC para relacionar o maior número de habilidades possíveis entre esses documentos. Em seguida, procurou exercícios em diversos materiais, que permitissem a aplicação de sua proposta em relacionar o conteúdo matemático com as habilidades do pensamento computacional, por meio da Computação Desplugada, na perspectiva de Brackmann (2017).

Para Silva (2019), pensamento computacional é o processo de raciocínio pautado em “fundamentos computacionais para a resolução de problemas de diversas áreas” (SILVA, 2019, p. 19). Também, utilizou a definição da CSTA e ISTE para considerar que as habilidades do pensamento computacional são: coleta e análise de dados, representação, decomposição, abstração, algoritmos, automação, paralelização e simulação. Ao final, o autor encontrou exercícios que podem ser abordadas em todos os anos de escolaridade do Ensino Fundamental, que permitem estabelecer a relação que se propôs investigar.

Assim como Silva (2019), Santos (2019) também trabalhou na perspectiva da Computação Desplugada ao “implantar e avaliar um Método Educacional Desplugado com Histórias em Quadrinhos (MEDHQs) que auxiliem no desenvolvimento do [pensamento computacional], raciocínio lógico e interpretação textual” (SANTOS, 2019, p. 7). Sua pesquisa foi desenvolvida nas disciplinas de Língua Portuguesa e Matemática, com estudantes do nono ano do Ensino Fundamental de uma escola municipal, localizada no município de Olho d’Água do Casado, no estado de Alagoas.

Dialogando com Wilson et al. (2010) e Wing (2007; 2008), o autor entende o pensamento computacional

Como um processo de abstração computacional envolvendo uma modelagem matemática [...], que se utiliza de ferramentas da computação para possibilitar uma ampliação da capacidade mental, traduzindo abstrações e intenções com o propósito de almejar soluções para um problema (SANTOS, 2019, p. 11).

Nesta perspectiva, o autor reforça que não se trata de algo vinculado apenas ao uso de tecnologias digitais. Adota o MEDHQs, em sua pesquisa, com o objetivo de promover o desenvolvimento do pensamento computacional, por meio de histórias em quadrinhos dos Almanques para Popularização de Ciência da Computação de forma Desplugada. Contempla os exercícios: debates interpretativos; passatempos ao final das histórias em quadrinhos; destrinchar o texto

com algoritmo narrativo; destrinchar o texto com algoritmo fluxograma; quebra-cabeça com Scratch Desplugado; dinâmica dos movimentos das estruturas condicionais; desafios de raciocínio lógico (árvore binária e genealógica, organizando a fila, 20 pilhas e elaborando desafios); dinâmica do pense rápido antecessor/sucessor; e, criar histórias.

Esses exercícios foram divididos em módulos de ensino, que compõe uma das seis etapas do MEDHQs, quais sejam: Reunião da Coordenação; Capacitação com Professores; Exercícios Iniciais; Módulos de Ensino; Exercícios Finais; e, Análise dos Resultados. Elas estão divididas em 14 semanas, sendo que a etapa dos módulos de ensino se distribuí em nove encontros semanais.

Após aplicar esse método com os sujeitos da pesquisa, Santos (2019) concluiu que “o MEDHQs contribuiu de forma interdisciplinar no processo de ensino-aprendizagem dos alunos do 9º ano do ensino fundamental, cooperando para o estímulo da produtividade, inventividade e criatividade” (SANTOS, 2019, p. 134).

Diferente de Silva (2019) e Santos (2019), Barbosa (2019) desenvolveu sua pesquisa no contexto do Ensino Superior, com o uso de recursos tecnológicos digitais. A investigação envolveu seis licenciandos em Matemática da Unesp, campus Rio Claro, que cursavam a disciplina Geometria Euclidiana Plana, no segundo semestre de 2017. O objetivo da pesquisadora foi investigar os aspectos do pensamento computacional “emergentes em um grupo de estudantes de graduação em Matemática ao explorarem a Geometria Fractal com o software GeoGebra” (BARBOSA, 2019, p. 21).

A autora apresenta a concepção de diversos autores sobre o pensamento computacional. Apesar de não apresentar a sua definição sobre o tema, ela indica que “não há entre os pesquisadores da área uma definição consensual. [...], eles têm caminhado em direção a entender a especificidade desse pensamento e como esse pode ser incorporado no currículo das escolas” (BARBOSA, 2019, p. 39). Sua base foi as habilidades do pensamento computacional apresentadas por ISTE/CSTA (2011), Brennan e Resnick (2012) e Gadanidis (2017) para a realização de sua pesquisa.

Após interpretar e comparar as habilidades indicadas por esses autores, Barbosa (2019) elabora cinco categorias que são tratadas na pesquisa como habilidades ou aspectos, quais sejam: pensamento algorítmico; decomposição e generalização; padrões e abstração; representação e automação; e avaliação. Com

essas habilidades/aspectos estabelecidos, a autora propôs, aos sujeitos da pesquisa, por meio de um experimento de ensino, a realização de quatro exercícios com o GeoGebra, para abordar o Triângulo de Sierpinski, Tetraedro de Sierpinski, Tapete de Sierpinski e a Esponja de Menger.

Foram construídos “diagramas que mostram evidências em relação aos aspectos presentes do [pensamento computacional] ao se elaborar tais fractais por meio do GeoGebra” (BARBOSA, 2019, p. 148). Por decorrência, a autora concluiu que “os diagramas apontam que as habilidades, muitas vezes, não aparecem de forma isolada, elas são miscíveis e uma habilidade pode complementar e/ou fortalecer a outra” (BARBOSA, 2019, p. 148).

Concebendo que o pensamento computacional “consiste em processos, com base em conceitos computacionais, que auxiliam na compreensão e resolução de problemas, sendo eles executados por pessoas ou computadores” (MASSA, 2019, p. 19), Massa (2019) realizou uma análise de publicações do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE), entre 2012 e 2017. Seu intuito foi mapear pesquisas que relatam o desenvolvimento do pensamento computacional por meio do software Scratch, no contexto de ensino-aprendizagem, no Brasil.

A autora identificou 30 trabalhos que abordavam a temática, que “revela a necessidade de investimento da temática na educação pública” (MASSA, 2019, p. 88). Após analisar os dados de forma estatística e descritiva, a autora concluiu que

O ensino-aprendizagem do [pensamento computacional] aliado ao *Scratch* contribuiu para mudanças culturais significativas nos locais onde os projetos foram implementados. Vários projetos publicados visam demonstrar a importância do ensino-aprendizagem do [pensamento computacional] na educação básica (MASSA, 2019, p. 88).

Apesar do escopo de pesquisa da autora não tenha sido a Educação Matemática, entre os trabalhos mapeados estão aqueles em que o desenvolvimento do pensamento computacional, por meio do Scratch, ocorreu em aulas de Matemática e visava ou a abordagem de alguma habilidade ou o conceito da Matemática. Massa (2019) concluiu que esses trabalhos, assim como aqueles desenvolvidos com relação a outras áreas do conhecimento, “ainda não têm [*sic*] sido vistos como algo significativo no ensino regular, apenas como atividades complementares a serem trabalhadas à parte” (MASSA, 2019, p. 88).

A pesquisa de Miguel (2019), assim como a de Massa (2019), não tem como foco apenas a Educação Matemática. Mas, ao lançar seu olhar para um contexto

mais geral de ciência e tecnologia, aborda tópicos importantes da Educação Matemática, no que se refere à abordagem de conteúdos matemáticos na Educação Infantil.

A pesquisa, do tipo bibliográfica, teve como fonte de análise os documentos oficiais do Ministério da Educação, divulgados desde 1990 até a BNCC. O foco foi a identificação dos conteúdos de ciência e tecnologia, no intuito de compreender o que deles se tem planejado para a Educação Infantil. Após o levantamento inicial, a autora centrou-se ao que preconiza a BNCC.

Miguel (2019) identificou que os conteúdos matemáticos, presentes na BNCC para a Educação Infantil, “englobam termos e conceitos que também são objetos de estudo de outras áreas do conhecimento, como o Design, a Computação e a Engenharia” (MIGUEL, 2019, p. 136). Também, visualiza a Computação Desplugada, por meio do pensamento compartilhado sustentado, um modo para que eles sejam ensinados. Para a autora, a Computação Desplugada é uma alternativa “para aplicar estímulos que fomentem o desenvolvimento do pensamento computacional” (MIGUEL, 2019, p. 138).

Câmara (2019) escolheu as habilidades EF05MA02, EF05MA08, EF05MA19, EF05MA22, EF06MA23, EF07MA05, EF07MA13 da BNCC, para investigar o quanto o desenvolvimento do pensamento computacional impacta no processo de formação de habilidades de estudantes, relacionadas à Matemática, no Ensino Fundamental. Para tal, o autor realizou cinco oficinas vinculadas ao projeto Projelógica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Monteiro, tendo a participação de estudantes do 5º, 6º e 7º ano do Ensino Fundamental.

O autor considerou as orientações do CIEB (2019) que relacionam algumas habilidades matemáticas, estabelecidas pela BNCC, com aquelas que são referentes ao pensamento computacional, presentes no Currículo de Referência em Tecnologia e Computação do CIEB. Sua compreensão é de que o pensamento computacional envolve os conceitos da Computação: Algoritmos, Decomposição, Representação de Dados, Reconhecimento de Padrões e Cultura Digital. Por sinal, o referido documento relaciona as habilidades matemáticas correspondentes a cada um desses conceitos.

Sua compreensão de pensamento computacional é de que se trata de “um conjunto de habilidades que qualquer pessoa pode adquirir, [...], com a finalidade de estimular a capacidade criativa e crítica para identificar e resolver problemas, seja

de forma individual ou coletiva” (CÂMARA, 2019, p. 26-27). Para o autor, o desenvolvimento do pensamento computacional “pode tornar mais eficaz o aprendizado para os alunos do ensino fundamental, visto que as habilidades computacionais e matemáticas estão cada vez mais intrínsecas nas nossas atividades diárias” (CÂMARA, 2019, p. 87-88).

Evaristo (2019) voltou-se para o campo da aprendizagem de Matemática, a fim de investigar as contribuições do desenvolvimento do pensamento computacional. A investigação se efetivou em uma escola pública do município de São Paulo, com 54 estudantes entre 13 e 14 anos. Eles foram divididos em duas turmas, observadas pela pesquisadora, nos momentos em que: responderam a questionários e participaram de ações vinculadas a grupos focais.

Foram realizadas duas tarefas com os estudantes. A primeira visava fomentar o desenvolvimento do pensamento computacional de forma desplugada por meio da construção de carrinhos com materiais recicláveis. A segunda recorria ao Scratch para proporcionar uma experiência plugada, isto é, com recursos digitais.

Apesar do intuito inicial ter sido a aprendizagem de Matemática, a autora concluiu que as ações que visam desenvolver o pensamento computacional de forma plugada e desplugada, possibilitam “que o aluno assuma o papel de protagonista no processo de construção de seu conhecimento” (EVARISTO, 2019, p. 128). Apesar de envolver um campo da cognição, ao se referir a aprendizagem, a autora não teceu considerações acerca dessa temática. Limitou-se a reflexões no âmbito da motivação dos estudantes ao se depararem com as atividades propostas na investigação.

Diferentemente das pesquisas apresentadas até o momento, Bussmann (2019) realizou uma pesquisa especulativa, que trata de declarações teóricas de outras declarações. O intuito foi teorizar os processos do pensamento matemático avançado, segundo Dreyfus (2002), bem como as concepções do pensamento computacional, segundo autores – (MOURSOUND, 2010; LEE, 2010; WULF, 2010; ABRAHAMSON, 2010; SUSSMAN, 2010; WING, 2010; FOX, 2010; CONSTABLE, 2010) – que participaram do workshop realizado, em 2010, em Washington, para estabelecer uma concepção única sobre o termo, qual seja: pensamento matemático-computacional.

O autor toma como base que o pensamento matemático avançado “encontra-se no enfoque das abstrações e deduções de uma definição, podendo ocorrer na

Educação Básica como no Ensino Superior” (BUSSMANN, 2019, p. 29). Também, menciona que o pensamento computacional “ainda está em aberto e, a cada dia, agregam-se elementos a esse pensamento, refletindo a natureza da tecnologia e a aprendizagem humana” (BUSSMANN, 2019, p. 59).

Bussmann (2019, p. 95) toma a abstração como ponto central do pensamento matemático avançado e do pensamento computacional. Compreende que a mescla entre eles pode ocorrer “como se fosse um esquema em formação que começa aos poucos a estabelecer ligações e conexões”. Nesse esquema em formação, desenvolvem-se as seguintes fases: de construção simbólica, construção mental, refinamento e conjunção.

A construção simbólica se refere ao estabelecimento de uma relação entre a notação e o conceito. A construção mental diz respeito à relação entre aquilo que se observou na fase anterior com o que está presente no conhecimento do indivíduo. É a passagem do concreto para o mental. O refinamento é o momento de ocorrência da abstração que conduz o indivíduo a processos de generalização. Por último, a conjunção trata da possibilidade de evidenciar o processo de criação de representações e conexão entre os assuntos abordados.

Essas fases, conforme Bussmann (2019), são a manifestação de desenvolvimento do pensamento matemático-computacional que, por sua vez, se volta para o desenvolvimento psicológico do indivíduo, enquanto o pensamento computacional é uma metodologia para a realização de exercícios.

Assim como Câmara (2019), Silva (2020) centrou sua investigação no campo da formação de habilidades. Seu olhar voltou-se para as habilidades do pensamento computacional que podem ser exploradas em questões de Matemática do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e dos vestibulares, dos anos de 2018 e 2019, das universidades públicas estaduais de São Paulo, sendo elas: Unesp, USP e Unicamp.

Do mesmo modo que Barbosa (2019), Silva (2020) considera que não há um consenso acerca do que é pensamento computacional. No entanto, pautada nas habilidades do pensamento computacional teorizadas na literatura pertinente – segundo Wing (2006), ISTE/CSTA (2011), Riley e Hunt (2014), Krauss e Protsman (2016), Mohaghegh e McCauley (2016), Gadanidis (2017), Marques et al. (2017) e Barbosa (2019) – a autora categorizou habilidades adotadas na sua pesquisa. São elas: abstração e generalização de padrões; algoritmos e processos; representação e automação dos dados; decomposição de problemas; simulação e controle de erros.

Ao analisar as questões do ENEM e dos vestibulares citados, à luz das habilidades do pensamento computacional elencadas, Silva (2020, p. 99) concluiu que “é possível explorar potencialmente as cinco habilidades [...] e que nos documentos analisados há menções a elas, principalmente na BNCC (representadas em sua maioria por verbos que remetem a essas práticas”.

Bessa (2020) também se atentou para o desenvolvimento de habilidades matemáticas de estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental, ao construir jogos digitais no Scratch. A autora realizou oito encontros com 12 estudantes, para que eles pudessem desenvolver seus jogos, sob a orientação dela, para fomentar aptidões, preconizadas na BNCC, e direcionadas ao desenvolvimento do pensamento computacional.

Bessa (2020, p. 129) compreende pensamento computacional “como uma busca por modelos computacionais, no sentido de formular e resolver problemas, os quais podem ser representados por Tecnologias Digitais e elencados nas habilidades elencadas pelas associações ISTE e CSTA (2011)”. Tais aptidões são: coleta de dados, análise de dados, representação de dados, decomposição de problemas, abstração, algoritmos e procedimentos, automação, simulação e paralelização.

A autora concluiu que as habilidades referentes à matemática e ao pensamento computacional foram fomentadas na relação constante entre ela e os estudantes, numa troca mútua de conhecimento. Concluiu: “existem indícios de uma prática rica quando alunos constroem jogos digitais, já que os dados evidenciam tanto habilidades matemáticas quanto habilidades do Pensamento Computacional sendo desenvolvidas e exploradas” (BESSA, 2020, p. 129).

Em sua tese, Duda (2020) buscou aproximar o desenvolvimento de aplicativos com programação visual e o pensamento algébrico. O autor não abordou especificamente o desenvolvimento do pensamento computacional, mas relacionou-o com a perspectiva construcionista de Papert (1986). Ele compreende que esse pensamento está presente na utilização de recursos digitais e de programação, como o App Inventor, que é o recurso utilizado em sua investigação.

O autor se apoia em Valente *et. al.* (2017) para relacionar o pensamento computacional com o pensamento algébrico. Considera que, ao utilizar ambientes de programação, o desenvolvimento do pensamento computacional – que será

fomentado por meio dessa utilização – pode formar habilidades do pensamento algébrico.

Duda (2020) desenvolveu cinco tarefas de programação de aplicativos com estudantes, de idade entre 14 e 15 anos, dos cursos técnicos de nível médio do Instituto Federal do Paraná, unidade de Irati. Os temas abordados foram: conversões monetárias, cálculo de acréscimos e decréscimos percentuais, análise financeira como custos-benefícios de diferentes produtos e equações do primeiro grau.

Por fim, Duda (2020) focou mais no modo pelo qual o App Inventor pode auxiliar mais no desenvolvimento de habilidades relacionadas ao pensamento algébrico do que no desenvolvimento do pensamento computacional em si. Concluiu que o uso do App Inventor fomentou: as representações simbólicas, presentes no pensamento algébrico; a abordagem sistêmica e a decomposição de problemas, que são características do pensamento computacional. Portanto, o referido recurso se tornou “uma alternativa para contextualizar o uso da álgebra na resolução de problemas de matemática e estimular o pensamento abstrato” (DUDA, 2020, p. 128).

Do mesmo modo que Duda (2020), Zilio (2020) menciona o termo pensamento computacional, em sua pesquisa de mestrado. Nesta, visa investigar as contribuições da robótica educacional à aprendizagem matemática, à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968). No entanto, o foco de sua pesquisa não é o desenvolvimento do pensamento computacional. A autora compreende que, ao adotar como recurso didático a robótica educacional, o indivíduo é estimulado a desenvolver o pensamento computacional. Porém, a pesquisadora não se atenta a esse desenvolvimento cognitivo, pois seu foco se atém ao uso da robótica educacional em si.

Em sua dissertação – composta por artigos – a autora apresenta um capítulo em que aborda o desenvolvimento do pensamento computacional na formação daqueles que trabalham em laboratórios de informática em escolas. Portanto, não objetiva o ensino, aprendizagem, habilidades ou conceitos matemáticos.

Barros (2020) teve como objeto de sua investigação a formação do pensamento computacional dos professores de Matemática e Informática. O autor propôs um curso que teve a participação de 49 professores dos Anos Finais do Ensino Fundamental e os acompanhou na realização de tarefas, em suas escolas, após o término do curso.

Com base em entrevistas e observações, o autor chegou à conclusão de que houve um engajamento dos professores, durante o curso. Eles propuseram-se a utilizar, em suas aulas, as tarefas criadas em Scratch, durante o curso. Também, observou a presença dos conceitos do pensamento computacional na elaboração dos estudantes desses professores, ao realizar construções no software Scratch. Isso foi influenciado pelos professores, o que denota apropriação, por parte deles, dos conceitos do pensamento computacional, durante o curso.

Por fim, o autor concluiu que houve um engajamento maior dos estudantes daqueles professores que se propuseram a fomentar tarefas que promoviam o desenvolvimento do pensamento computacional, em uma abordagem interdisciplinar. Portanto, é decorrente da concepção adotada no curso de que pensamento computacional é “um conjunto de habilidades que permitem sistematizar a resolução de problemas, pois estes podem ser resolvidos por um ser humanos e adicionalmente por um computador” (BARROS, 2020, p. 38). Não sendo, pois, algo restrito à área da Matemática.

Diferentemente das pesquisas apresentadas até o memento, Silva (2021) focou na formação dos formadores de professores. Seu objeto foi o fomento do desenvolvimento do pensamento computacional em atividades com tecnologias digitais, que os professores de Matemática, da Secretaria Municipal de Educação de Teresina, realizaram em suas práticas pedagógicas, estimulados por esses formadores.

Sua concepção de pensamento computacional é: “capacidade criativa, crítica e estratégica de utilizar as bases computacionais nas diferentes áreas do conhecimento para a resolução de problemas” (SILVA, 2021, p. 52). A autora realizou três ações formativas com os professores formadores, envolvidos na pesquisa. A última ação envolveu a formação desses formadores sobre o desenvolvimento do pensamento computacional.

Como conclusão, a autora propôs um plano educacional que contemplam ações de formação continuada de professores formadores de Matemática para que possam propiciar o desenvolvimento do pensamento computacional aos professores de Matemática, da rede municipal de ensino de Teresina.

Machado (2021) realizou uma pesquisa, com 16 professores de Matemática e 5 supervisores/coordenadores, a fim de promover uma reflexão sobre o uso do software Scratch e ações desplugadas em suas práticas pedagógicas, no 6º ano do

Ensino Fundamental. O autor realizou 17 tarefas com esse grupo, pautado em Brackmann (2017) e sob a ótica de que pensamento computacional “é um método baseado em técnicas e fundamentos da Computação para solução de problemas, podendo ser colocado como uma das habilidades intelectuais do ser humano” (MACHADO, 2021, p. 42).

Conforme conclusão do autor, houve uma preocupação dos professores em adquirir conhecimento de como fomentar o desenvolvimento do pensamento computacional em suas práticas, de forma invariante. Ou seja, de modo que, para qualquer tema, o professor consiga promover esse desenvolvimento cognitivo. Também, observou a necessidade de o professor integrar, em suas práticas, a cultura da Computação para que seu uso ocorra de forma natural (MACHADO, 2021).

Grave (2021) se pautou em como introduzir a programação e o pensamento computacional em aulas de Matemática. A autora pressupõe que um dos meios é a resolução de problemas na perspectiva de Polya, atrelada às estratégias de solução de problemas com base no pensamento computacional. Ela realizou tarefas por meio do Google Colab, que utiliza a linguagem de programação Python, com estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental, de uma escola privada do município de Cruz Alta, no Rio Grande do Sul.

A autora se pauta em Raabe, Brackmann e Campos (2018) para discutir como incluir o pensamento computacional na Educação Básica. Adota o pressuposto de que é pelo fomento dos pilares: abstração, algoritmos, decomposição e reconhecimento de padrões. Para tanto, estruturou as tarefas de modo que pudesse desenvolver esses pilares, nos estudantes, durante a resolução de problemas matemáticos. Concluiu que ao vincular os pilares às técnicas de resolução de problemas de Polya, tornou a realização da atividade mais organizada e concreta.

Diferente de Grave (2021), Santos (2021) investigou as perspectivas de professores de Matemática, quanto ao pensamento computacional e sua integração às suas práticas pedagógicas. A autora realizou momentos formativos com dois professores de uma escola do Programa Ensino Integral do estado de São Paulo, localizada no município de Rio Claro. Nesses encontros, ela promoveu leituras, discussões e reflexões sobre o que é pensamento computacional na visão de diversos autores, como: Papert (1980), Wing (2006; 2008; 2010; 2014) e Brackmann (2017), entre outros, bem como na perspectiva apontada pela BNCC.

Após o momento formativo, a autora apoiou os professores na elaboração de ações com o pressuposto de promover o desenvolvimento do pensamento computacional dos seus estudantes. As tarefas presentes no material didático que eles utilizavam para suas aulas requeria as devidas alterações tanto no enunciado da questão, quanto no modo de promover as reflexões após a finalização da tarefa.

A autora apresenta um movimento constante de reflexões sobre o tema, que revelam mudanças, por parte dos professores, de suas perspectivas sobre o tema a cada novo encontro ou ação realizada com seus estudantes. O movimento também a conduziu para um caminho de repensar a sua própria perspectiva sobre pensamento computacional. A conclusão foi de que esse desenvolvimento cognitivo “está trelado à resolução de um problema, que pode ser de natureza ampla e distinta, e consiste em um conjunto de processos cognitivos desenvolvidos na busca por uma solução” (SANTOS, 2021, p. 178).

Souza (2021), assim como Santos (2021), realizou sua pesquisa em uma escola do programa Ensino Integral, no município de Rio Claro. No entanto, a atenção do autor foi para os conceitos do pensamento computacional, que emergiram de estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental, ao desenvolverem tarefas matemáticas com Scratch.

Apoiado em Papert (1980), Wing (2006), CSTA (2011), Barr e Stephenson (2011), Brennan e Resnick (2012) e *Benton et. al.* (2016; 2017), Souza (2021, p. 121) concebe que pensamento computacional “envolve processos mentais para a solução de questões, fundamentando-se em alguns conceitos, tais como o reconhecimento de padrões, a decomposição dos problemas em partes menores e mais “fáceis” de resolver, o raciocínio abstrato etc.”.

O autor realizou cinco tarefas com os estudantes. Concentrou a análise em três delas, com atenção para a relação entre pensamento computacional, Scratch e Matemática. Concluiu que “elaborar atividades com conteúdo matemático no Scratch mostrou ser uma possibilidade para que estudantes expressem raciocínio lógico-matemático e desenvolvam alguns dos conceitos que constituem” (SOUZA, 2021, p. 124) o pensamento computacional.

O último trabalho encontrado foi a tese de Navarro (2021) que teve a intenção de identificar os possíveis nexos conceituais e os pressupostos da teoria Histórico-cultural, que contribuem para o desenvolvimento do pensamento computacional no contexto da Educação Matemática. A autora estudou as teses e dissertações, artigos

científicos, material da BNCC e do Currículo Paulista, referentes ao termo pensamento computacional, publicados entre 2009 e 2019.

Navarro (2021) identificou a resolução de problemas, o pensamento algébrico e o pensamento algorítmico como nexos conceituais do pensamento computacional que se configuram na Educação Matemática. Defende que pensamento computacional é “constituído pela ligação inseparável entre os nexos conceituais (externos e internos) da resolução de problemas e dos pensamentos algébrico e algorítmico, com vistas à produção de conhecimentos matemáticos” (NAVARRO, 2021, p. 148).

Navarro (2021, p. 148) também considera que pensamento computacional “é uma forma de pensamento que representa uma prática sociocultural, na qual os alunos dispõem de domínios teóricos e práticos (sistemas explicativos) para depreender, organizar e agir em sua realidade concreta”.

Essa conceituação vai ao encontro do que está sendo preconizado nesta tese. Ou seja, que pretende superar a tentativa de evidenciar como propiciar e identificar o seu desenvolvimento em contexto escolar. Para tanto, propõe-se a elaborar tarefas com orientação adequada que visam a formação de ações mentais.

Ao ler os 30 estudos, encontrados no levantamento bibliográfico, identifiquei que as pesquisas acerca do pensamento computacional e/na Educação Matemática têm abarcado diversos cenários. Há acenos de possibilidades de contribuir para que o pensamento computacional passe a ser considerado como algo significativo para o processo de ensino-aprendizagem, como ressaltado por Massa (2019). Apesar de todos apresentarem perspectivas diferentes em termos de enunciação, há algo em comum que são ações vinculadas à Ciência da Computação.

Com o levantamento bibliográfico apresentado, encontrei duas pesquisas que relacionam o pensamento computacional e a Educação Matemática no Ensino Médio: Silva (2016) e Silva (2020). No entanto, nenhuma delas teve como objetivo a formação de conceitos, em aulas de Matemática, como é o contexto desta tese.

5.2 Literatura referente à relação entre a teoria da Formação Planejada das Ações Mentais e dos Conceitos e Educação Matemática

Nesta subseção, abordo as teses e dissertações encontradas, que relacionam a teoria da formação planejada das ações mentais e dos conceitos de Galperin com

a Educação Matemática, em que evidencio os procedimentos utilizados para obtê-los. Os estudos apresentados, neste tópico, também foram obtidos por meio de uma busca realizada na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações¹³ (BDTD).

Foram encontrados 33 trabalhos, sendo 24 dissertações e 9 teses, no site da BDTD. Na busca avançada, foram utilizados os termos “ações mentais” e “Educação Matemática”, intersectando-os com correspondência de busca em todos os termos. Como há formas diferentes de se reportar a teoria de Galperin, no idioma português – “teoria da formação de ações mentais por etapas” e “teoria da formação planejada por etapas das ações mentais e dos conceitos” – optei por considerar “ações mentais” como um termo por estar comum às duas formas de nomear a teoria, em nosso idioma.

Uma vez que não inseri limites para o ano de publicação, a busca reportou trabalhos defendidos entre 2000 e 2021, sendo que nos anos 2002, 2004, 2005, 2008, 2010 e 2011 não foi identificado nenhum trabalho. Na Tabela, 3 apresento a distribuição desses estudos, por ano.

Tabela 3 – Quantidade de dissertações e teses encontradas na BDTD com intercalação das expressões ações mentais e Educação Matemática

Ano	Tipo		Total
	Dissertação	Tese	
2000	0	1	1
2001	0	1	1
2003	1	0	1
2006	1	0	1
2007	2	0	2
2009	1	0	1
2012	1	0	1
2013	2	0	2
2014	2	0	2
2015	0	1	1
2016	5	0	5
2017	2	1	3

¹³ Site: <http://bdtd.ibict.br/> . Acesso em 28 mar. 2023.

2018	4	1	5
2019	1	1	2
2020	1	2	3
2021	1	1	2

Fonte: elaborado pelo autor

Como a busca foi realizada com correspondência em todos os termos, os trabalhos, a seguir, não se referem especificamente à teoria de Galperin, mas somente ao termo “ações” ou “mentais” ou “Educação Matemática”. Todos, a seguir indicados, apresentaram-se por consequência da suas derivações e complementos dos referidos termos: Krahe (2000), Gravina (2001), Müller (2003), Galvão (2006), Teixeira (2007), Barbosa (2007), Mezzaroba (2009), Fernandes (2012), Mota (2013), Silva (2013), Silva (2014), Ferraz (2014), Peixoto (2015), Silva (2016), Ferreira (2016a), Modesto (2016), Oliveira (2016), Ferreira (2016b), Rachelli (2017), Andrade (2017), Noletto (2017), Almeida (2018), Assis (2018), Silva (2018), Belo (2018), Lira (2018), Carvalho (2019), Lima (2019), Polizeli (2020), Koga (2020), Ribeiro (2021) e Oliveira (2021).

Excluídos esses trabalhos, restou apenas a produção de Gonçalves (2020) que relaciona a teoria de Galperin com a Educação Matemática. Mas antes de analisar essa pesquisa, apresentarei uma segunda busca por trabalhos que foi realizada na BDTD, com os termos “Galperin” e “Educação Matemática”, com a intersecção correspondente de busca em todos os termos.

Com a nova busca, foram encontrados 17 trabalhos, sendo 13 dissertações e 4 teses. Uma vez que não inseri limites para o ano de publicação, a busca reportou pesquisas defendidas entre 2008 e 2021. Porém, nos anos 2009, 2010, 2011, 2012 e 2015 não houve identificação de teses e nem de dissertações. Na Tabela 3, apresento a distribuição desses estudos, por ano.

Tabela 4 – Quantidade de dissertações e teses encontradas na BDTD que abordam Galperin ou Educação Matemática

Tipo	2008	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Dissertação	1	1	1	1	2	3	3	1	0
Tese	0	0	1	0	1	0	0	1	1

Total	1	1	2	1	3	3	3	2	1
--------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Fonte: elaborado pelo autor

Como a busca foi realizada com correspondência em todos os termos, os trabalhos de Pedrancini (2008), Klepka (2014), Andrade (2017), Lira (2018), Luna (2019) e Lima (2019) não se referem especificamente à teoria de Galperin, mas somente ao termo “Galperin” ou “Educação Matemática”, todos com suas derivações e complementos. Na Tabela 4, identifico cada um desses trabalhos, de acordo com o ano de defesa e o tipo: dissertação ou tese.

Tabela 5 – Trabalhos encontrados na BDTD que interseccionam a teoria de Galperin e a Educação Matemática

Ano	Tipo		Total
	Dissertação	Tese	
2013	Viginheski (2013)	0	1
2014	0	Farias (2014)	1
2016	Godoy (2016)	0	1
2017	Galvão (2017)	Viginheski (2017)	2
2018	Moreira (2018)	0	2
	Caetano (2018)		
2019	Alvaristo (2019)	0	1
2020	Borges (2020)	Gonçalves (2020)	2
2021	0	Sakai (2021)	1

Fonte: elaborado pelo autor

É possível observar, na Tabela 5, que as pesquisas brasileiras de mestrado e doutorado, que articulam a teoria de Galperin com a Educação Matemática, ainda não são em quantidade expressiva. Também, identifica-se que o único trabalho encontrado, na busca anterior, apresenta-se novamente, que é Gonçalves (2020). A

seguir, apresento as ideias gerais presentes em cada um dos estudos indicados na Tabela 5.

Viginheski (2013) teve como referência a Educação Especial, em um estudo de caso, com o objetivo de desenvolver procedimentos didático-metodológicos que possibilitassem, aos deficientes visuais inclusos no ensino regular, a apropriação dos conhecimentos de produtos notáveis. Envolveu uma estudante do oitavo ano, de uma escola pública do interior do Paraná.

A autora utilizou a TFPAMC, pautada em Galperin (2009), para elaborar as tarefas, que foram agrupadas em quatro blocos: i) de sensibilização sobre as diferenças; ii) pertinentes às figuras geométricas; iii) peculiares a perímetro, área, quadrado da soma, quadrado da diferença e produto da soma pela diferença; iv) próprias aos conceitos de volume, cubo da soma e cubo da diferença.

Um dos achados da autora foi: “a utilização das etapas para a formação do conhecimento propostas por Galperin (2009), para a organização do processo pedagógico, contribuiu para o processo de internalização da atividade externa” (VIGINHESKI, 2013, p. 127), fundamentada “no sistema de características necessárias para a definição de conceitos” (VIGINHESKI, 2013, p. 128).

Farias (2014) também realizou um estudo de caso, porém com estudantes da Licenciatura em Matemática da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), na modalidade a distância, que desenvolveram 23 tarefas sob a ótica de Galperin (2009) e outros autores. Apesar de recorrer ao processo de formação planejada das ações mentais visando uma orientação adequada à ação, o objetivo da pesquisa era: analisar as contribuições metodológicas de aproximações à Teoria da Atividade ao processo de ensino/aprendizagem de triângulos.

Na elaboração das tarefas a serem desenvolvidas pelos estudantes, a autora recorreu: 1) ao software GeoGebra para utilizar alguns objetos de aprendizagem; 2) a materiais de livros didáticos e Olimpíada Brasileira de Matemáticas das Escolas Públicas e Privadas (OBMEP). Esses foram inseridos nas tarefas, organizadas de modo a promover a formação das ações mentais de estudantes, e tinham uma base orientadora adequada. Por consequência, Faria (2014, p. 185-186) explicita que “através de uma orientação adequada, tendo como base elementos da Teoria da Atividade, podemos potencializar o ensino e a aprendizagem de Matemática dos estudantes em cursos de Licenciatura em Matemática a distância”.

Godoy (2016) recorreu à teoria de Galperin (1989) para tecer considerações acerca das representações mentais que estudantes formam em seu percurso escolar, mediado pela forma que a Geometria é abordada em três coleções de livros didáticos, analisado em sua pesquisa. A autora estabeleceu relação entre as ideias de Galperin (1989) e a forma que os exercícios de Geometria das referidas coleções se apresentam ao estudante, nos diferentes anos escolares. Nesse sentido, conjectura que, a cada ano, há uma alteração tal como há nas etapas descritas por Galperin (1989).

Como conclusão, a autora considera importante diminuir a quantidade de representações geométricas nos livros didáticos para que os estudantes sejam estimulados a desenvolver a abstração dos seus conceitos, nos últimos anos escolares dos Anos Finais do Ensino Fundamental. Ela entende que a alta quantidade de representações materiais dificulta a abstração dos conceitos geométricos, pelos estudantes (GODOY, 2016).

Viginheski (2017) continuou sua pesquisa no campo da Educação Especial tal como fez em Viginheski (2013), mas, agora, focada na deficiência intelectual. Teve como participantes, oito estudantes da Educação de Jovens e Adultos, de uma escola de Educação Básica na modalidade Educação Especial, localizada em um município do interior do estado do Paraná.

Além de possibilitar a formação das professoras que acompanhavam os estudantes, a autora elaborou tarefas com base nas etapas propostas por Galperin, quanto à formação das ações mentais e dos conceitos do indivíduo, em período escolar. Recorre ao uso do Soroban, instrumento para a realização de cálculos, como uma forma de abordar conceitos relacionadas a números e operações.

Em suas conclusões, a autora ressaltou o papel do professor como aquele que promove interações no processo, a fim de proporcionar as condições para a constituição de zona de desenvolvimento proximal, nos estudantes. Estes interagem entre si para intervir em suas ações sobre os objetos. A estruturação das tarefas seguiu a premissa de se ter uma orientação adequada que propicie a formação da base orientadora da ação pelo estudante (VIGINHESKI, 2017).

Assim como Viginheski (2013; 2017), Galvão (2017) adotou o campo da Educação Especial, em seu estudo. Seu foco foi as ações de uma estudante surdo-cega. Utilizou a TFPAMC a fim de estruturar toda a ação didática para abordar conceitos da Geometria Plana (área, perímetro, quadrado, retângulo, triângulos,

diâmetro, raio, hipotenusa e catetos), com uso de alguns materiais manipuláveis adaptados.

A estudante cursava o 9º ano do Ensino Fundamental, de uma escola da rede estadual de ensino do Paraná, no município de Guarapuava. Conforme a autora, o uso da teoria de Galperin (2009) permitiu a constatação de que ocorreu a formação conceitual da estudante. Além disso, ações com orientações adequadas, que estimulam a formação da base orientadora da ação pelo estudante, contribui com a intervenção pedagógica para estudantes com surdo-cegueira, em contexto escolar.

Moreira (2018) realizou o estudo com alunos surdos, voltado à apropriação do conceito de frações, no 6º ano do Ensino Fundamental. Foram oito aulas com os estudantes, em uma sala multifuncional de recursos, em que todas as tarefas se fundamentaram nas etapas da teoria de Galperin (2009), para evidenciar as possibilidades da formação das ações mentais e dos conceitos.

As tarefas versaram sobre o seguinte sistema de conceito: frações, tipos de frações, frações equivalentes e simplificação de frações, bem como adição e subtração de frações. Para tanto, utilizou recursos visuais, que pudessem caracterizar uma abordagem bilíngue, para o processo de internalização da atividade externa. Acerca da teoria de Galperin (1986), a autora defende que se trata de uma abordagem essencial para a assimilação de conceitos matemáticos pela pessoa surda.

Caetano (2018) também recorreu à teoria de Galperin (1987) para abordar Geometria Plana na Educação Especial, nomeadamente os conceitos de área e perímetro de figuras planas. No entanto, seu foco estava nas estratégias e mediações que o professor pode adotar à luz do Desenho Universal Pedagógico de Kranz (2015).

O autor concluiu que a teoria de Galperin (1987) foi importante para propiciar ações mediadoras que potencializaram a formação das ações mentais dos estudantes, que permitiu visualizar a aplicação dos conceitos assimilados, em uma forma generalizada.

Como os demais, Alvaristo (2019) adotou, na pesquisa, o campo da Educação Especial, especificamente, com duas estudantes que possuíam deficiência visual. Seu objetivo foi elaborar um gráfico em pizza adaptado e investigar se tal recurso proporciona a formação conceitual desses estudantes. A autora recorreu à teoria de

Galperin (2009) tanto na elaboração das tarefas quanto no momento de análise dos dados, em conformidade com as etapas da teoria.

A autora concluiu que o material criado possibilita que o estudante forme sua base orientadora da ação, como também atue na formação de sua ação no plano material. E, com a devida interação do professor, as demais ações são estabelecidas até a formação conceitual, por meio da generalização.

Tal como Alvaristo (2019), Borges (2020) pesquisou na área da deficiência visual. No entanto, ele abordou o tema semelhança de triângulos por meio de narrativa adaptada para um estudante em situação de inclusão. O autor adaptou os materiais em texto braile, relevo, estrutura tátil e peças tridimensionais, o que proporcionaria uma experiência no campo material da ação, que visasse contribuir efetivamente com o campo mental da ação.

Borges (2020, p. 121) concluiu que as “etapas para a formação do conhecimento propostas por Galperin (2009), foram importantes para a organização do processo pedagógico e o delineamento de estratégias que favorecessem a internalização da atividade externa”. A compreensão da teoria foi determinante para que o pesquisador organizasse os materiais adaptados para o estudante participante da pesquisa.

As duas últimas pesquisas encontradas no levantamento bibliográfico, que apresento na sequência, não são na área da Educação Especial, mas tratam da formação de professores. Gonçalves (2020) focou na formação inicial de professores de Matemática, com o objetivo de promover experiências formativas com oito estudantes de cursos de Licenciatura, referente à reelaboração da orientação da ação de controle da resolução de problemas matemáticos.

Com a ação, a autora concluiu que os estudantes começaram a compreender a importância da orientação de controle para que fosse possível realizar um trabalho de reflexão acerca dos erros, durante a resolução de problemas matemáticos. O foco de Gonçalves (2020) foi a orientação e reorientação da ação, portanto, sua investigação abordou até a etapa de formação da ação material dos estudantes.

Por fim, Sakai (2021) voltou-se para a formação inicial de professores de Matemática e estabeleceu uma meta: análise das pesquisas brasileiras desenvolvidas na perspectiva galperiana, entre 2003 e 2018. Seu intuito foi investigar como essas pesquisas enunciam a organização do processo de ensino de conteúdos matemáticos, sob o referencial de Galperin (1986).

A autora analisou apenas cinco trabalhos, desenvolvidos sob essa perspectiva adotada. Sua conclusão é de que em todos eles apresentam as etapas propostas por Galperin (1986), no que concerne à formação planejada das ações mentais. A ênfase é para a orientação a ser dada durante o processo e a formação da base orientadora da ação. Sakai (2021) chama a atenção de que ainda há muito a se pesquisar no campo da formação de professores de Matemática, no sentido de aprimorar o processo de orientação das tarefas, aos estudantes, para que eles assimilem o conceito matemático em referência.

Finalizo essa subseção com a síntese de que as pesquisas encontradas revelam a centralidade na perspectiva galperiana, porém ainda em pequenos grupos, no âmbito do ensino da Matemática. Aquelas, a maioria, que não foram consideradas são da área das Ciências da Natureza. Isso demonstra ter um interesse maior dos pesquisadores dessa área do conhecimento, se comparado com os pesquisadores da área da Educação Matemática.

Além disso, o levantamento bibliográfico evidenciou que não há pesquisas que fazem uma interlocução do pensamento computacional com a formação planejada das ações mentais e dos conceitos, de acordo com Galperin (1986), segundo os termos de busca utilizados e a plataforma investigada. Isso significa que a presente tese se constitui, então, como inédita, no contexto científico brasileiro, no que diz respeito a uma possível interlocução entre esses dois temas no campo da Educação Matemática.

6 PRODUÇÃO DOS DADOS E O CENÁRIO DE INVESTIGAÇÃO

Acreditamos que os capítulos anteriores deixaram com suficiente clareza que o pensamento verbal não constitui uma forma natural de comportamento, mas sim uma forma histórico-social, que por isso se distingue fundamentalmente por toda uma série de propriedades e regularidades específicas, que não podem ser encontradas nas formas naturais de pensamento e linguagem. Mas, o principal é que, ao reconhecer o caráter histórico do pensamento verbal, devemos incluir nessa forma de comportamento todas as teses metodológicas que o materialismo histórico estabelece para todos os fenômenos históricos da sociedade humana. Finalmente, devemos esperar com antecedência que, em termos gerais, o princípio do desenvolvimento histórico do comportamento dependa diretamente das leis gerais do desenvolvimento histórico da sociedade humana (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 117, tradução nossa).

Após tecer considerações teóricas sobre os principais temas envolvidos nesta tese, apresento, nesta seção, o caminho metodológico que percorri para a produção dos dados. Para tanto, explico o cenário de investigação, os participantes e, principalmente, as concepções adotadas na minha ação como pesquisador. Sobre essas concepções, Prestes (2012) salienta a necessidade de o pesquisador ter claro para si onde quer chegar, para então, escolher o caminho a percorrer. “Para isso, precisamos ter dúvidas e não certezas, pois são as perguntas que elaboramos que guiam nosso trabalho e nos auxiliam na escolha dos caminhos” (PRESTES, 2012, p. 404).

Vigotsky (1996, p. 345) defende que “por mais estranho e paradoxal que pareça, à primeira vista, é precisamente a prática, como princípio construtivo da ciência, que exige uma filosofia, ou seja, uma metodologia da ciência”. A prática exige uma filosofia, isto é, uma teoria, que traduz uma visão de mundo acerca do objeto e do cenário no qual ela se desenvolve. Isso se faz necessário porque a unidade dialética entre a teoria e a prática é essencial para a transformação do indivíduo. Ou seja, a prática, assumida aqui como o princípio construtivo da ciência¹⁴, exige uma metodologia da ciência, isto é, um caminho possível para a sua construção, fundamentado sobre uma teoria que a direcionará.

Para Vigotsky (2001, p. 32), “da mesma forma que não há um campo da ciência sem seu objeto, também não há nenhuma ciência sem método”. Nessa mesma obra, o autor tece um elogio a Piaget, por apresentar uma metodologia de

¹⁴ Concebo ciência como “o produto histórico e coletivo de seres humanos que trabalham para descobrir as explicações necessárias de um determinado objeto” (BEATÓN, 2017, p. 21, tradução nossa).

investigação científica sobre as formações do pensamento no processo de desenvolvimento humano. No entanto, Vigotsky (2014 – Tomo II) critica Piaget por ter se dedicado, conscientemente, a analisar dados ao invés de desvendar a filosofia do fato observado.

Para Vigotsky (2001, p. 23), “quem quer encontrar a chave para esse conjunto rico de fatos deve, antes de tudo, desvendar a filosofia do fato, sua extração e compreensão. Sem isso, os fatos permanecerão mudos e mortos”. Isso posto, o autor passou a discutir, em várias de suas obras, a questão do método de pesquisa à luz da sua teoria acerca do desenvolvimento das funções psicológicas superiores no processo de desenvolvimento humano. Ele convida aqueles que pesquisam na perspectiva da teoria Histórico-cultural, a extrair, compreender e desvendar a filosofia do fato.

Nesse sentido, Prestes (2012, p. 406) corrobora ao afirmar que “realizar uma pesquisa científica não é uma tarefa fácil, mas, sem dúvida, o mais importante é ter clareza de onde se quer chegar”. Desde o início desta investigação, estava claro que meu ponto final era a busca por indícios de que o estudante formaria o conceito de polígono regular. Com base nisso, a pergunta que elaborei para guiar meu trabalho e me auxiliar na escolha dos caminhos foi: *de que modo o processo de formação das ações mentais pode fomentar o desenvolvimento do pensamento computacional de estudantes e qual a contribuição deste para a formação do conceito polígono regular?*

Esta pergunta direcionou o meu caminho durante a investigação, que tem por objetivo: *investigar as possíveis relações do desenvolvimento do pensamento computacional com o processo de formação planejada por etapas das ações mentais e dos conceitos, de modo a identificar o seu desenvolvimento e contribuição com a formação do conceito polígono regular de estudantes do Ensino Médio.*

Rubinstein (1978, p. 44) enfatiza que os métodos de pesquisa são “determinados sempre pela concepção teórica de base, que serve de orientação, direção e guia”. Desse modo, o caminho que trilhei para produzir os dados foi direcionado pela relação entre a teoria e a prática na perspectiva da teoria histórico-cultural, que é fundamentada pelo materialismo dialético proposto por Marx (2011). Tal concepção teórica parte da análise do que está posto para, em seguida, o pesquisador promova dialeticamente as contradições, de modo que seja possível alcançar a totalidade no estudo do fenômeno. Essa escolha se deu para que,

parafraseando Vigotski (2001), eu pudesse encontrar a chave do conjunto rico de fatos obtidos acerca do desenvolvimento do pensamento computacional.

Apoiada em Kosik (1976), Facci (2017) realça que, no processo de ensino e aprendizagem, essa transformação, que ocorre nos indivíduos, por meio da relação dialética entre teoria e prática, é imprescindível

Seja naquele em que se vai humanizando os sujeitos por meio da educação, da apropriação dos conteúdos curriculares, dos conhecimentos científicos; seja naquele que sistematiza o ensino de forma a instrumentalizar os alunos para, por meio de mediações teóricas, conhecer a realidade para além da pseudoconcreticidade (FACCI, 2017, p. 14).

Kosik (1976) chama de pseudoconcreticidade o processo de reificação e fetichização da realidade, em que o ser humano reduz a essência dos fenômenos presentes no ambiente, de modo a se tornar algo natural, familiar para si. Portanto, encobre o caráter de que esse fenômeno é uma construção da realidade social, bem como passa a ideia de ser algo pré-existente à sua própria existência.

A reificação é um tipo de alienação, caracterizada pelo ato de transformar ideias em coisas concretas (há autores que abordam inclusive que isso faz com que as pessoas se tornem semelhantes às máquinas). A fetichização é uma relação social entre pessoas, que é mediada por coisas, em que o resultado é a aparência de uma relação direta entre as coisas e não entre as pessoas, isto é, as pessoas agem como coisas e as coisas, como pessoas (MARX, 2011). Kosik (1976, p. 20-21) defende que é o pensamento dialético que efetuará a destruição da pseudoconcreticidade.

A distinção entre representação e conceito, entre o mundo da aparência e o mundo da realidade, entre a *praxis* utilitária cotidiana dos homens e a *praxis* revolucionária da humanidade ou, numa palavra, a "cisão do único", é o modo pelo qual o pensamento capta a "coisa em si". A dialética é o pensamento crítico que se propõe a compreender a "coisa em si" e sistematicamente se pergunta como é possível chegar à compreensão da realidade. Por isso, é o oposto da sistematização doutrinária ou da romantização das representações comuns. O pensamento que quer conhecer adequadamente a realidade, que não se contenta com os esquemas abstratos da própria realidade, nem com suas simples e também abstratas representações, tem de destruir a aparente independência do mundo dos contatos [sic] imediatos de cada dia. O pensamento que destrói a pseudoconcreticidade para atingir a concreticidade é ao mesmo tempo um processo no curso do qual sob o mundo da aparência se desvenda o mundo real; por trás da aparência externa do fenômeno se desvenda a lei do fenômeno; por trás do movimento visível, o movimento real interno; por trás do fenômeno, a essência. O que confere a estes fenômenos o caráter de pseudoconcreticidade não é a sua existência por si mesma, mas a independência com que ela se manifesta. A destruição da pseudoconcreticidade - que o pensamento dialético tem de efetuar - não nega a existência ou a objetividade daqueles fenômenos, mas destrói a sua

pretensa independência, demonstrando o seu caráter mediato e apresentando, contra a sua pretensa independência, prova do seu caráter derivado.

A compreensão da existência da pseudoconcreticidade no processo de ensino e aprendizagem (e não só), bem como o papel da dialética como um meio para sua destruição, é imprescindível para a prática vinculada à pesquisa em contexto escolar, quando essa é fundamentada no método materialista histórico-dialético. Essa compreensão se dará pela historicidade, pois “o fato de que são os homens que condicionam os modos de organização da vida social implica em superar a naturalização dos fenômenos sociais estudados e analisá-los à luz das relações de poder e dominação que caracterizam a sociedade” (MARINO FILHO, 2017, p. 135).

Para Marino Filho (2017), constitui-se motivos e interesses do pesquisador – quando a investigação é realizada em e sobre processos formativos à luz da teoria histórico-cultural – a busca pela compreensão dessas relações de poder e dominação, que influenciam as condições de existência dos contextos educacionais e da sociedade.

Primeiro, porque os processos de ensino e aprendizagem estão no centro do desenvolvimento, portanto os conteúdos e as formas que estruturam esses processos estarão sempre presentes na realidade concreta da pesquisa. Segundo, a pesquisa movida pela lógica dialética e orientada pelo materialismo histórico não se orienta à descoberta de verdades estáticas, de formas fixas de existência dos fenômenos que estudamos, mas principalmente do movimento, da historicidade e da possibilidade de sua transformação pelo pesquisador. Terceiro, e por isso mesmo, o pesquisador deve ter claro para si a que a sua pesquisa se direciona para além da produção do conhecimento, para a transformação da sociedade (MARINO FILHO, 2017, p. 135).

Nessa mesma direção, o autor indica que “os interesses, objetivos, o uso dos meios, procedimentos e organização da atividade de pesquisa não podem coincidir com a mesma lógica posta pela sociedade atual” (MARINO FILHO, 2017, p. 143). Sob essa perspectiva, a definição do problema de pesquisa, bem como as ações que serão desenvolvidas de modo a possibilitar a análise da realidade investigada, são influenciados, direta ou indiretamente, pela concepção de homem e de mundo do pesquisador que, junto com os pressupostos teórico-metodológicos, assumem um papel de protagonistas na constituição da pesquisa como um todo (BERNARDES, 2010).

Com base nesses pressupostos e corroborando Vigotsky (1996, p. 229) de que em “[...] qualquer ciência chega, mais cedo ou mais tarde, o momento em que

deve ter consciência de si mesma como um conjunto, compreender seus métodos e trasladar a atenção dos atos e fenômenos aos conceitos que utiliza” (VIGOTSKY, 1996, p. 229), traço, a seguir, um caminho para compreensão do método materialista histórico-dialético. Porém, de modo que se possa entender, posteriormente, os atos e fenômenos presentes no cenário de investigação, à luz dos seus princípios.

6.1 O método materialista histórico-dialético

O método materialista histórico-dialético, no estudo do psiquismo humano, foi desenvolvido por Vygotski, no início do século XX. Isso ocorreu “ao investigar as diversas tentativas de análise dos fenômenos psicológicos, identificando que tanto as concepções idealistas quanto as mecanicistas não explicavam o fenômeno psicológico em sua totalidade” (BERNARDES, 2010, p. 300). Os seus pressupostos “concebem que o conhecimento não é um reflexo simples, passivo e inerte da realidade, mas um processo histórico e dialético, complexo, regido por leis universais” (BERNARDES, 2010, p. 305).

Os princípios e leis da dialética de Marx (2011) são “integrantes do materialismo histórico e se objetivam no método de investigação da psicologia histórico-cultural como elementos fundamentais para a compreensão e explicação da constituição e do desenvolvimento do psiquismo humano (BERNARDES, 2010, p. 305-306).

Um dos aspectos mais complexos e centrais do método dialético é contemplar na íntegra a totalidade das explicações acerca do processo de produção de conhecimento (BEATÓN, 2017). Pautado em Marx (2011), o autor menciona que explicar o todo – com base nos resultados de uma investigação, centrada em um aspecto específico – é uma maneira limitada de analisar o cenário de modo integral. Tal procedimento nos leva ao reducionismo, à superficialidade e à falta de rigor, presentes em outras concepções de ciência.

A clareza, na explicação do cenário investigado, só é alcançada quando se utiliza o método materialista histórico-dialético, pois, desse modo, a essência é captada e explicada. Isso porque se assume ciência como “o produto histórico e coletivo de seres humanos que trabalham para descobrir as explicações necessárias de um determinado objeto” (BEATÓN, 2017, p. 21, tradução nossa). Ancorado em Comenius (1983), o autor defende que “somente com clareza não é possível obter a

explicação essencial, porque de acordo com Comenius, isso seria um discurso vazio” (BEATÓN, 2017, p. 22, tradução nossa).

O autor justifica a adoção do método materialista histórico-dialético, na realização de pesquisas científicas, pois

A explicação científica sem considerar as condições concretas e reais do objeto de estudo, o processo histórico, o papel do tempo e as condições circunstanciais e concretas nesse processo, não permite alcançar a explicação mais abrangente possível (BEATÓN, 2017, p. 22, tradução nossa).

Quando Vygotski (2014 – Tomo II) iniciou seus estudos acerca do desenvolvimento do psiquismo humano, ele reconheceu que a psicologia científica da época tratava as funções psíquicas de forma isolada. E, portanto, elaboravam-se métodos de investigação aplicados ao estudo desses processos isolados e separados entre si. Por consequência, permitia que, ao final, fosse possível, apenas, intentar uma relação mecânica entre tais processos. Assim, “o problema da conexão entre funções, de sua organização na estrutura integral da consciência, estava fora da esfera de atenção dos investigadores” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 15, tradução nossa). Por decorrência, não estudavam as relações internas entre o pensamento e a linguagem.

No intuito de investigar a relação interna entre o pensamento e a linguagem, Vygotski (2014 – Tomo II) identificou dois tipos de análises, utilizadas na época. No primeiro tipo, era realizada a decomposição dos conjuntos psíquicos complexos em seus elementos, que eram analisados individualmente. Esse método promovia uma relação mecânica e descontextualizada dos processos psíquicos, o que contribuía para que investigadores, da época, não conseguissem analisar internamente a relação entre pensamento e linguagem.

[...] uma análise deste gênero, aplicada a entidades psicológicas integrais, não pode explicar toda a real diversidade, nem todas as particularidades das relações entre palavra e pensamento que encontramos nas observações cotidianas, segundo o desenvolvimento do pensamento linguístico no infantil, em suas diversas formas de funcionamento (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 18, tradução nossa).

Uma vez que não é possível explicar as propriedades concretas e específicas dessa relação, esse método de análise permite apresentar considerações mais gerais a respeito da linguagem e do pensamento como “universalidades abstratas, deixando à margem a possibilidade de aprender as regularidades concretas” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 18, tradução nossa). Segundo Vygotski (2014 –

Tomo II, p. 18-19, tradução nossa), esse método de análise conduz o pesquisador a erros, quando se trata de estudos acerca do pensamento e da linguagem, pois

Ignora a natureza unitária e integral do processo que se estuda e substitui as relações internas de coesão por relações mecânicas externas entre dois processos heterogêneos e estranhos um ao outro. Em nenhuma área se tem refletido os resultados destas análises com maior evidência que, precisamente, no campo das teorias do pensamento e da linguagem. A mesma palavra, que representa a unidade viva do som e o significado [...], se tem visto dividida em duas partes, entre as quais os investigadores intentam estabelecer, posteriormente, uma conexão associativa mecânica e externa.

De fato, um método de análise que não permite investigar as relações internas entre duas funções psíquicas superiores, não é o melhor para se estudar as relações entre pensamento e linguagem. Como exemplo temos que “em uma palavra, [...] o som e o significado não estão relacionados entre si em modo algum. Estes dois elementos, unidos em um signo, coexistem isolados um do outro” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 19, tradução nossa). Ou seja, o som da palavra existe mesmo que não se saiba seu significado e vice-versa.

Se prosseguíssemos nessa análise individualizada, obteríamos que o som “perderia todas as propriedades específicas que lhe tem convertido em som exclusivo da linguagem humana, distinguindo-o dos demais existentes na natureza” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 19, tradução nossa). Assim, também, o significado se converteria “em uma pura representação, em um puro ato do pensamento, que se estuda isoladamente como um conceito que se desenvolve e vive independente de seu portador material” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 19, tradução nossa).

Em seus estudos, Vigotsky sempre mostrou como estudar a integralidade dos atos e suas explicações nos fenômenos investigados, por meio do recurso metodológico dialético proposto por Marx (2011). Ele admite que, para a compreensão e explicação do desenvolvimento psíquico, só é possível pela análise crítica e histórica.

O trabalho de Vygotski cumpre essa característica porque aprecia que ele parte da concepção integral em conformidade com o próprio método, baseado no fato de que tudo está concatenado, parte da realidade concreta que é uma síntese do diverso e assume que tudo é um processo mediado e histórico que molda especificamente o psíquico humano, ou seja, que não existe um processo intrínseco ou inerente ao objeto de estudo (VYGOTSKI, 1191, 1987, 1996). É por esta razão essencial que precisamos conhecer as leis e regularidade que regem os fatos e fenômenos, para não alterar sua natureza ou conteúdo, apenas contribuir harmoniosamente com sua expressão, para nos beneficiar em nossa adaptação ativa (BEATÓN, 2017, p. 23).

Ao método materialista histórico-dialético, Vigotsky (2004, p. 207) propõe o método inverso de Marx, com a justificativa de que

só podemos compreender cabalmente uma determinada etapa no processo de desenvolvimento – ou, inclusive, o próprio processo, se conhecemos o resultado ao qual se dirige esse desenvolvimento, a forma final que adota e a maneira como o faz.

Em sua composição do método materialista histórico-dialético, ele considerou três categorias, que são o diferencial da teoria histórico-cultural, a saber: *trabalho*, *caráter material da existência e historicidade dos fatos*. Segundo Bernardes (2017, p. 65, grifo do autor)

O *trabalho*, entendido como atividade adequada a um fim, é considerado o que nos faz humanos, uma vez que pelas necessidades emergentes da realidade, o homem define objetivos, planeja ações para realizá-los e transforma a natureza, ao mesmo tempo em que se autotransforma, humanizando-se. Pelo trabalho são definidas as condições da vida social. [...] O *caráter material* da existência humana é a categoria que explica o modo de produção e de constituição do processo de humanização. Assim sendo, entende-se ser por meio da produção que se definem as bases das relações sociais. [...] O desenvolvimento da sociedade na vida concreta produz mudanças na consciência e na conduta humana, fato que nos leva a considerar a categoria *historicidade* como a dimensão essencial da formação do psiquismo humano.

Nesse sentido, para Vigotsky (2004), faz-se necessário resgatar os acontecimentos concretos e historicamente vivos, de modo a obter a integralidade e totalidade relacionada ao fenômeno estudado. É impossível estudar o desenvolvimento das funções psicológicas superiores (e aqui se encontram meus interesses de estudo: pensamento, linguagem, abstração e generalização) se considera os seus elementos de forma isolada. A unidade complexa do psiquismo humano precisa ser compreendida em sua totalidade. O autor propõe, então, substituir o método de decomposição em elementos pelo método de análise das unidades.

Para melhor explicar a importância da totalidade, no estudo do psiquismo humano, Vygotski (2014 – Tomo II) apresenta, em seus estudos, uma analogia da molécula da água. Ele explica que, ao analisar isoladamente as propriedades dos elementos químicos que a compõem (hidrogênio e oxigênio), não conseguiremos expressar todas as propriedades da água. Essa concepção se faz presente na presente investigação de doutorado, quando eu considero a totalidade da complexidade presente nas relações entre o desenvolvimento do pensamento e os recursos computacionais como instrumentos, no decurso da aprendizagem.

Na busca em compreender a totalidade no psiquismo humano, Vygotski (2014 – Tomo II) evidenciou, em seus trabalhos, a importância de o pesquisador desenvolver um papel verdadeiramente ativo, crítico e consciente para criar e imaginar. Sem essas características, a totalidade não é alcançada (BEATÓN, 2017, p. 26). Ao observar os estudos de Vigotsky, com base no método aqui apresentado, é possível encontrar

Um conjunto de dados e explicações que procuram abarcar a integridade e totalidade do complexo processo de desenvolvimento psíquico humano, que nos mostra como a totalidade é o produto da integração de outras totalidades concatenadas, isto é, uma visão, de dentro do conteúdo da vida real ou concreta dos seres humanos e revelada nos trabalhos do histórico cultural, com suas categorias abstratas necessárias para sua explicação, em direção as profundidades destes conteúdos de acordo com uma das condições determinantes mais importantes do método dialético: tentar compreender e explicar a gênese, consolidação, desenvolvimento e as condições de crise do objeto ou neste caso do sujeito que se estuda e, que me ocorre revelar a partir do produzido pelo histórico cultural (BEATÓN, 2017, p. 29).

É, portanto, o movimento histórico de constituição do homem, uma categoria da dialética que é fundamental para o método histórico-dialético (VIGOTSKY, 2001). Estudar o desenvolvimento do psiquismo humano, sob essa perspectiva, requer olhar para o “movimento histórico de constituição pelo processo de hominização e pelo processo de humanização, possibilitados pelas mediações simbólicas elaboradas pela humanidade” (BERNARDES, 2010, p. 306).

Compreender a relação entre essas categorias da dialética (totalidade/unidade e movimento histórico) é de extrema importância para a compreensão das funções psicológicas superiores e, portanto, para o uso do método na teoria histórico-cultural. A respeito disso, Vygotsky (2001, p. 72-73) explica que

A ideia principal (extraordinariamente simples) consiste em que durante o processo de seu desenvolvimento histórico, o que muda não são tanto as funções, tal como havíamos considerado anteriormente (esse era nosso erro) nem sua estrutura, nem sua linha de desenvolvimento, mas que o que muda e se modifica são precisamente as relações, quer dizer, o nexos das funções entre si, de maneira que surgem novos agrupamentos desconhecidos no nível anterior.

Para sanar o problema causado pela análise isolada de elementos que compõem o conjunto psíquico complexo, Vygotski (2014 – Tomo II) propõe um método que considera a relação entre os elementos do conjunto, em todos os momentos da análise. Para isso, o autor propõe uma análise que segmenta o conjunto psíquico complexo em *unidades*. “Por unidade entendemos o resultado das

análises que, a diferentemente dos elementos, goza de *todas as propriedades fundamentais características do conjunto* e constitui uma parte viva e indivisível da totalidade” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 19, tradução nossa).

Uma psicologia que decide estudar as unidades complexas tem que compreender isto. Deve substituir os métodos de decomposição em elementos por um método de análises que segmente em unidades. Deve encontrar essas unidades indivisíveis que conservam as propriedades inerentes ao conjunto em sua totalidade; se incluso sem as unidades, estas propriedades podem estar presentes de outro modo, e tratar de resolver com ajuda destas análises, as questões concretas que se pleiteiam (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 20, tradução nossa).

No entanto, encontrar essa unidade não é uma tarefa fácil para o pesquisador, pois, é preciso ter cuidado para que ela não se torne um elemento isolado do conjunto psíquico. Para ajudar na identificação das unidades, Vygotski (2014 – Tomo II, p. 20, tradução nossa) propõe o seguinte questionamento: “qual é a unidade que não admite divisão e que inclui propriedades inerentes ao pensamento linguístico?”

No exemplo anterior a respeito da análise da palavra, Vygotski (2014 – Tomo II, p. 21, tradução nossa) considera que o *significado* da palavra é uma unidade a ser considerada na investigação sobre pensamento e linguagem por ser parte integrante tanto do pensamento quanto da linguagem, o que o torna uma unidade do pensamento linguístico. O significado “em seu aspecto psicológico é uma generalização, [...], que constitui um ato de pensamento, no sentido rigoroso do termo”. E “sem significado, a palavra não é tal, sendo um som vazio, e deixa de pertencer ao domínio da linguagem”.

Corroborando Vygotski (2014 – Tomo II, p. 21, tradução nossa) que

[...] o método de investigação do problema que nos interessa não pode ser outro que a análise semântica, a análise do aspecto significativo da linguagem, esse deve ser o *método para estudar o significado verbal*. Nesta direção, podemos esperar uma resposta direta às perguntas sobre a relação entre o pensamento e a fala, porque ela ocorre na unidade de análise que temos elegido. Estudar o desenvolvimento, funcionamento e estrutura desta unidade permitirá conhecer dados que clareiam a relação entre pensamento e linguagem.

Nesse sentido, as situações de análise, propostas aos estudantes na pesquisa de campo, tinham o intuito de promover uma comunicação entre eles por meio da linguagem. Após a realização delas, uma conversa iniciou-se com os estudantes para se obter informações acerca de palavras faladas por eles, a fim de

investigar o significado, para que fosse possível uma análise profunda da relação entre o pensamento e a linguagem.

No estudo sobre o pensamento, é de suma importância considerar sua relação com uma outra função psíquica superior, a linguagem, como abordado na seção 3. Como mencionado, Vygotski (2014 – Tomo II) pontua que a ausência dessa relação se tornou um problema para a psicologia científica, por considerar as diferentes funções de modo isolado. Ao tentar analisar essa relação, pesquisadores da época não conseguiam desenvolver estudos profundos, por adotar os métodos de investigação existentes até então. Além disso, ao considerar o pensamento como a fala sem som e a linguagem como a manifestação externa do pensamento, promovia uma relação superficial que não explicava a essência da referida relação.

Decompondo o pensamento linguístico nos elementos que o integram, pensamento e palavra, como se estivessem alheios um ao outro e depois de estudar as propriedades do pensamento puro, independente da linguagem, e da linguagem independente do pensamento, estes investigadores tratam de continuar a representação da conexão entre ambos como uma relação puramente mecânica entre dois processos distintos (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 17, tradução nossa).

Por não considerar que a conexão entre pensamento e linguagem manifesta uma relação mecânica entre esses dois processos, Vigotsky (2014 – Tomo II) propôs um método de investigação que permitia analisar a essência dessa relação. Desse modo, o autor identificou que “na análise do pensamento e da linguagem, o aspecto central de todo este problema é, naturalmente, *a relação entre o pensamento e a palavra*” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 15, tradução nossa, grifo do autor). Por decorrência, o autor passou a estudar as relações internas entre eles.

O autor argumenta que o valor da experiência proporcionada pelo experimento está no fato de possibilitar, ao investigador, a descoberta das “manifestações da própria atividade da criança por assimilar a linguagem dos adultos” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 147). Sendo assim, o foco é para o desenvolvimento dos significados das palavras e a criação de generalizações complexas que ela realiza por si mesma. Porém, sem a influência do sentido elaborado e estável das palavras, presente na interação dos adultos. Essa ideia poderá ser observada nas análises referentes à tarefa que envolvia polígonos regulares, uma das centralidades analisada na minha investigação.

Refletir sobre o experimento proposto, pelo método em questão, pode nos levar a concluir que o contexto cultural e a interação com outros humanos são

desconsiderados, uma vez que procura observar o desenvolvimento dos significados das palavras e a criação de generalizações da criança sem a influência do adulto. Mas ocorre o contrário, pois na interação com o adulto, o desenvolvimento da criança recebe uma influência diretiva dos significados presentes nas palavras do adulto.

Entretanto, precisamos ter em atenção que

A linguagem dos que rodeiam a criança, com seus significados estáveis e constantes, predetermina os canais de desenvolvimento de suas generalizações. Ela canaliza sua atividade em uma direção específica, estritamente delimitada. Mas, dentro desse caminho prescrito, a criança pensa de acordo com seu nível de desenvolvimento intelectual. Os adultos, ao usar a linguagem para se comunicar com a criança, podem determinar a direção do desenvolvimento da generalização e seu destino, ou seja, a generalização resultante. Mas eles não podem transmitir sua maneira de pensar. A criança assimila deles apenas os significados já elaborados das palavras; não os objetos e complexos concretos, que tem que escolher por si mesmo (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 148, tradução nossa).

O mesmo processo acontece com o modo de pensar na comunicação verbal, que é estabelecida entre a criança e aqueles que a rodeiam. A criança não pode assimilar de uma vez o modo de pensar dos adultos. Ela obtém resultados parecidos, porém, por meio de operações intelectuais distintas, que são elaboradas de acordo com a sua forma peculiar de pensar (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II). É o que o autor denomina de Pseudoconceito, abordado na seção 3.

A adoção do método, proposto por Vygotski (2014 – Tomo II e Tomo VI), busca por possibilidade de o pesquisador reconhecer a fronteira que separa o Pseudoconceito do verdadeiro conceito, que é quase inacessível quando analisado fenotipicamente. O mesmo ocorre com a formação das ações mentais. Galperin (1986) assume esses pressupostos teórico-metodológicos, por considerar a necessidade de, em primeiro lugar, ocorrer a definição do método para o estudo do desenvolvimento intelectual do estudante, em relação ao seu ensino. Núñez e Ramalho (2018, p. 11) reforçam que

a questão do método, por sua vez, está relacionada com a compreensão geral do surgimento dos processos psíquicos. A partir do estudo do processo de internalização das ações materiais externas em psíquicas, é possível estudar a formação das ações psíquicas (NÚÑEZ; RAMALHO, 2018, p. 11).

A compreensão de uma função psicológica superior, como o pensamento de um indivíduo, é estabelecida quando observamos seu desenvolvimento. Para Vygotski (2014 – Tomo II, p. 154, tradução nossa), desenvolvimento “é um complexo histórico, que representa em cada uma de suas fases em questão, o passado

finalizado dela”. Em outras palavras, “qualquer desenvolvimento atual se baseia no desenvolvimento anterior” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 154, tradução nossa).

Desse modo, para compreender o desenvolvimento do pensamento e a formação das ações mentais é preciso que a análise experimental seja em uma perspectiva histórica.

6.1.1 O método de dupla estimulação funcional

Os pressupostos do materialismo dialético de Marx (2011) foram apropriados por Vigotsky e objetivados na elaboração do método da teoria histórico-cultural. Vygotski (1981) e Vygotsky (2001) define-o como *método genético-experimental*, que se faz presente em pesquisas que adotam o *método funcional de dupla estimulação*, isto é, a relação dialética entre o homem e a natureza, por meio da mediação no processo de interação. O método de Vigotsky,

pressupõe o estudo do psiquismo humano a partir da transformação da natureza interna e externa ao homem, numa relação dialética no processo de interação entre o homem e a natureza, por meio das mediações dos objetos materiais e ideais elaborados historicamente pelo próprio homem (BERNARDES, 2010, p. 307).

O método permite a observação do processo de formação de conceitos, experimentalmente induzido. Vygotski (2014 – Tomo II, p. 152, tradução nossa) ressalta que esse processo “não reflete fielmente o processo de desenvolvimento tal como ocorre na realidade”. No entanto, ele

[...] permite descobrir em abstrato a verdadeira essência do processo genético de formação dos conceitos. O experimento proporciona a chave para a correta interpretação e compreensão do real processo de desenvolvimento dos conceitos da criança (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 152, tradução nossa).

Para essa interpretação e compreensão, é preciso se atentar para as formas principais do pensamento concreto que o indivíduo desenvolveu. Ou seja, estar alerta para o processo histórico, que é a chave para a interpretação lógica dos conceitos. “O curso lógico do pensamento começa no mesmo ponto de onde se faz a história, e seu posterior desenvolvimento é o reflexo desse processo histórico em forma de investigação abstrata e teórica” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 153, tradução nossa). Em outras palavras, a descrição lógica das formas principais do pensamento concreto, que é possível observar por meio da análise experimental, “é

o reflexo abstrato do real desenvolvimento dos conceitos” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 153, tradução nossa).

Desse modo, no cenário de investigação, não será possível alcançar a totalidade e integralidade do processo de produção de conhecimentos se o contexto histórico-cultural não for considerado. “Ao considerar o homem como ser social, concebe-se que a natureza, que influi sobre a constituição, e o desenvolvimento humano não são mais as leis biológicas, mas as condições históricas” (BERNARDES, 2017, p. 67).

Para isso, se faz necessário “aproximar-se ao conhecimento do objeto mediante a análise explicativa das relações dinâmico-causais e não da análise descritiva e/ou da medição quantitativa pontual” (GRASS, 2017, p. 39). Trata-se de uma “complexa tarefa de pesquisar um objeto, cuja essência é um processo em constante movimento, automovimento e transformação” (GRASS, 2017, p. 39).

Vygotski (2014 – Tomo II) estabeleceu seu método investigativo, que considera as condições funcionais de formação do conceito como eixo da investigação. O ponto central dos estudos de Vygotski (2014 – Tomo II), referente a formação de conceitos, está no emprego da palavra como signo desse processo. O autor argumenta que os experimentos realizados por estudiosos anteriores a ele, como Ach e Rimat, consideravam que a formação de conceitos é um processo associativo, ou seja, apenas constava a sua existência ou não. Esses experimentos não explicavam o processo genético de formação de conceitos, isto é, do ponto de vista dinâmico-causal.

Vygotski (2014 – Tomo II) criou o método de investigação experimental denominado *método de dupla estimulação funcional*, para investigar o processo de desenvolvimento da formação de conceitos desde sua determinação dinâmico-causal. Sua premissa é de que nele ocorre a mediação por signos, estes, durante a investigação, carecem de análise em contexto da atividade do indivíduo,

A essência deste método consiste em analisar o desenvolvimento e funcionamento dos processos psíquicos superiores com ajuda de duas séries de estímulos, cada um dos quais tem uma função diferente com respeito ao comportamento do sujeito submetido à teste. Uma série de estímulos atua como o objeto para o qual a atividade da pessoa sob teste é dirigida. Os estímulos do outro têm a função de signos com o qual se organiza essa atividade (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 127).

Trata-se, portanto, de um método que se propõe a estudar o papel dos signos que direcionam e controlam o processo de realização da atividade do indivíduo. Ou

seja, se propõe a “descobrir o papel da palavra e as características de seu uso funcional no processo de formação de conceitos” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 128).

Para alcançar esse objetivo, a tarefa deve ser apresentada detalhadamente, ao sujeito, desde o primeiro momento e se manter assim até o seu fim. Desse modo,

[...] partimos do pressuposto de que a abordagem da tarefa, o surgimento do objetivo, é um requisito necessário para o processo em sua totalidade, mas os meios são introduzidos gradativamente, a cada nova tentativa do sujeito de resolver a tarefa, mesmo que lhe falte as palavras necessárias. Não há período de aprendizagem. Ao transformar os meios para resolver a tarefa desta forma, ou seja, os sinais-estímulos ou as palavras, em uma quantidade variável e ao converter a tarefa em uma quantidade constante, é possível investigar como o sujeito usa os signos como meios para dirigir suas operações intelectuais e como, dependendo da forma que a palavra é usada, seu uso funcional se dá e se desenvolve o processo de formação do conceito (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 128, tradução nossa...).

Ao seguir esse método, o resultado esperado é o desenvolvimento do sujeito, durante a resolução da tarefa correspondente à formação real dos conceitos (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II). É, portanto, um momento em que o pesquisador precisa ter clareza de todo o processo e de seu papel em promover as interações.

Na próxima seção, esse momento será evidenciado, quando os estudantes realizam tarefas sobre polígonos regulares em interação com os pares e o pesquisador, mediados pelos softwares Scratch e o GeoGebra. A escolha pelo primeiro foi por apresentar características com possibilidades que pudesse provocar os estímulos que atuaram como o objeto para o qual a atividade psicológica dos estudantes foi dirigida. O segundo cumpriu o papel de provocar os estímulos que assumiram a função de signos, a fim de que os estudantes pudessem organizar a sua atividade psicológica.

Vale salientar que todo o processo de acompanhamento e detalhamento da tarefa tomou como base as orientações de Galperin (1986), referentes à formação da base orientadora da ação e do esquema da base orientadora completa da ação dos estudantes. Acresce-se, também, as mediações para a formação das ações mentais na relação entre os campos externo e interno dos adolescentes participantes.

Vygotski (2014 – Tomo II) chama atenção para algumas considerações a respeito do desenvolvimento do pensamento do adolescente. As tarefas propostas, a ele, precisam ser planejadas de modo que supere os aspectos conceituais obtidos na vivência social do estudante. Elas só promoverão o desenvolvimento se forem

elaboradas de forma que contemple o conteúdo e os procedimentos de pensamentos peculiares a um determinado conceito científico. Além disso, produzam a emergência de necessidades, motivos e objetivos que o incitam a querer resolvê-las.

Ao investigador se enfrenta a tarefa de descobrir a relação interna entre ambos os fatores e compreender a formação de conceitos, relacionada evolutivamente com a adolescência, em função do desenvolvimento sociocultural do adolescente, que influi não somente no conteúdo, mas também nos procedimentos de seu pensamento (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 133, tradução nossa).

Ainda, para o autor, a força desencadeante desse processo é externa ao adolescente. Por isso, as tarefas que se propõem ao adolescente, precisam relacionar-se com o seu ingresso no mundo cultural, profissional e social dos adultos da sociedade que ele vive. Porém, com teor do conhecimento científico em vez do cotidiano. Por isso, na pesquisa aqui em processo de exposição, ocorreu a preocupação com o conhecimento acerca do ambiente cultural, dos adolescentes participantes da pesquisa de campo, bem com aquilo que poderia motivá-los a participar do estudo. Isso foi estabelecido por meio de conversas prévias que se constituíram em um grupo de WhatsApp com o pesquisador, bem como no primeiro encontro síncrono.

Para tanto, fui induzido pela preocupação de Vygotski (2014 – Tomo II) com o adolescente, pelo fato de ele está na transição da idade infantil à adolescência, que é caracterizada pela atribuição de novos significados às palavras, que comprometerão todo o processo de formação de conceito. É na adolescência que se desenvolve “a capacidade de dominar os próprios comportamentos com a ajuda de meios auxiliares” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 134, tradução nossa). Por exemplo, aprender a dominar o curso dos processos psíquicos próprios, mediante palavras ou signos. Portanto, o investigador precisa ter clareza desses significados para que possa investigar as determinações dinâmico-causais de todo o processo.

Na realização de pesquisas educacionais, na perspectiva da teoria histórico-cultural, o método tem como premissa que se permita penetrar “na essência dos processos e funções psíquicas com um olhar prospetivo sobre o objeto” (GRASS, 2017, p. 42). A autora enfatiza, ainda, que o papel da pesquisa “deve estar atrelado à compreensão dos aspectos centrais que determinam a transformação do natural em cultural e em social” (GRASS, 2017, p. 42)

Grass (2017, p. 40-41) reforça que “os métodos de pesquisa da atividade pedagógica, devem colocar no centro da atenção o estudo das ‘influências educativas desenvolvidoras da personalidade’”. Isso se deve pelo fato de a teoria histórico-cultural exigir a elaboração de um método que possibilite esclarecer a gênese das funções psicológicas superiores, entendidas como

Sistema autorregulado com vários níveis de regulação, que funcionam integrados a partir da relação entre o cognitivo, o afetivo e o volitivo, determinada histórica e socialmente, como expressão sistêmica e dinâmica da subjetividade, susceptível a mudanças constantes (GRASS, 2014, p. 147).

É a concepção materialista dialética do determinismo, o princípio central da pesquisa educacional no que tange à fundamentação teórico-metodológica para conhecer cientificamente o funcionamento psicológico (RUBINSTEIN, 1978; GRASS, 2017). Grass (2017, p. 45, grifo do autor) resume esse princípio como: “as **causas externas** atuam através das **condições internas**” e explica que, na pesquisa educacional, isso significa:

- Entender a interconexão dialética entre o **interno**, como a natureza psicológica do ato, e o **externo**, obras e atos do comportamento, nos fenômenos psíquicos;
- Apropriar-se do conceito de **Situação Social do Desenvolvimento**, como a condição na qual se revela a relação entre o interno e o externo que conduz ao surgimento de novas funções psicológicas;
- Explicar as características dos sujeitos da pesquisa de acordo com a **periodização** das formas culturais do comportamento como a expressão da complexa dinâmica das funções psicológicas superiores na realização da **atividade predominante** e do **lugar que o sujeito ocupa** nas relações sociais;
- Revelar o papel da atividade humana e da comunicação na **Situação Social do Desenvolvimento** em sua relação com a **Zona de Desenvolvimento Proximal**;
- Analisar as **Funções Psicológicas Superiores** em sua origem e desenvolvimento e seu papel na regulação e autorregulação do comportamento;
- Entender a **autorregulação do comportamento** como a via que encontram as Funções Psicológicas Superiores, especialmente o **volitivo**, para expressar a relação entre o interno e o externo (GRASS, 2017, p. 44-45, grifo da autora).

Esses princípios são importantes para o desenvolvimento desta pesquisa de doutorado, uma vez que nela é investigada a relação das manifestações externas com os fenômenos psíquicos (como apresentado e discutido em seções anteriores desta tese), tratados aqui e por Grass (2017) como interdependentes.

A autora chama a atenção para a influência que essa dinâmica exerce na relação entre as categorias: *essência*, *conteúdo* e *forma*, importantes para a

pesquisa educacional à luz da teoria histórico-cultural. A forma, entendida como as aparências externas, pode não refletir suas características essenciais que estão vinculadas ao conteúdo que há por trás dela. “[...] O comportamento observável, pode ser reflexo de conteúdos psicológicos diversos” (GRASS, 2017, p. 45).

Para exemplificar essa relação, vou apresentar uma situação que vivenciei no desenvolvimento da pesquisa de mestrado (SILVA, 2018). Com o objetivo de desenvolver o conceito de resto da divisão euclidiana, os estudantes, sujeitos da pesquisa, calcularam várias operações de divisão pelo algoritmo euclidiano. A forma, isto é, a aparência externa, era o algoritmo, indicador, a simples vista, que eles conheciam o modo de ação – o procedimental – bem como o conceito matemático por trás de cada passo do algoritmo. Ou seja, indicava-me a essência (a olhos vistos).

Mas, como alerta Grass (2017, p. 45), “as aparências externas dos fenômenos não necessariamente refletem suas essências”. Ao se depararem com a divisão 368 por 12, esses mesmos estudantes não conseguiram calcular o quociente e resto, por meio do algoritmo, o que revela que eles conheciam o procedimental, mas não o conceitual. A forma não refletia as suas características essenciais, vinculadas ao conteúdo, nela, subjacente. Parafraseando Grass (2017), o cálculo da divisão pelo algoritmo euclidiano, refletia conteúdos psicológicos diversos, sem que, necessariamente, eles compreendessem o conceito matemático por trás de cada passo do algoritmo.

É a Situação Social de Desenvolvimento, enunciada por Vigotsky (2014 – Tomo II) e desenvolvida por Bozhovich (1976), que resolve a relação entre o externo e o interno.

[...] entendida como uma combinação especial dos **processos internos** do desenvolvimento e das **condições externas**, típicas para cada etapa ou estágio, A Situação Social do Desenvolvimento condiciona tanto a dinâmica do desenvolvimento psíquico durante o período evolutivo correspondente, quanto as novas formações psicológicas, qualitativamente peculiares que surgem no final do período, chamadas **Neoformações** (GRASS, 2017, p. 47, grifo do autor).

Esse momento requer que o pesquisador tenha o cuidado para não ser levado pela crença de considerar a assimilação da experiência vivenciada, meio externo, como aprendizagem, em oposição ao desenvolvimento, compreendido como as mudanças nos processos internos. Quando o sujeito está imerso na Situação Social de Desenvolvimento, a aprendizagem é geradora de desenvolvimento. Nesse caso,

a experiência cultural é que fará a filtragem entre eles, de acordo com as condições internas, pois aprendizagem e desenvolvimento estão associados à história do sujeito (GRASS, 2017).

Para a pesquisa educacional, cujo olhar é a relação entre o interno e o externo, a Situação Social de Desenvolvimento torna-se um conceito central no momento de produção dos dados, pela necessidade de levar em consideração as neoformações e a atividade principal do sujeito. Também, pelo caráter dialético do processo, que provoca transformações sucessivas nessa dinâmica.

Por isso, a necessidade de se considerar a relação entre o problema, método e técnicas de investigação. A definição do objeto requer que se vincule a um delineamento claro do problema, só com base nele, que é possível investigar o ser humano, em sua totalidade (ZANELLA et. al., 2007).

A elaboração do problema e do método se desenvolvem conjuntamente, ainda que não de modo paralelo. A busca do método se converte em uma das tarefas de maior importância na investigação. O método, nesse caso, é ao mesmo tempo premissa e produto, ferramenta e resultado da investigação (VYGOTSKI, 1995, p. 47).

Ao considerar o sujeito como o objeto por excelência de suas pesquisas, Vygotski (1995) era influenciado pelo método, uma vez que o sujeito é concebido em sua historicidade e constituído pelas relações sociais, o que contribuiu na construção histórica do problema.

É de fundamental importância que, no processo de pesquisar, se atente para essa relação, pois o modo como o pesquisador se acerca dos fatos que pretende estudar, elaborando-os em forma de problema de pesquisa, já traz consigo, no olhar lançado sobre a realidade, um filtro metodológico, um olhar que deverá ser refinado para a construção do caminho que se propõe trilhar na sua investigação (ZANELLA et. al., 2007, p. 27).

Portanto, faz-se necessária a definição dos aspectos centrais do objeto de estudo e dos aspectos principais do método de pesquisa (GRASS, 2017).

Este caminho leva diretamente à concepção teórica que o pesquisador assume, às relativas “verdades científicas com as quais se identifica, constituído como corpo teórico de partida, a partir do qual estabelece o problema, as hipóteses de trabalhos e os questionamentos derivados no próprio processo. As conclusões da pesquisa devem dar resposta às hipóteses em maior ou menor medida, assim como vislumbrar, em aproximação sucessiva, a solução do problema (GRASS, 2017, p. 44).

No cenário de investigação desta pesquisa de doutorado, meu olhar se voltou para o desenvolvimento do pensamento computacional de estudantes, quando eles realizaram tarefas com ambiente de programação e ambiente que permitia uma

dinamicidade, na elaboração de representações geométricas. As tarefas foram elaboradas à luz da teoria da formação planejada por etapas das ações mentais e dos conceitos. Em todo o processo de investigação, junto aos sujeitos da pesquisa, foi fundamentada pelo método histórico-dialético.

O uso do método dialético no processo de produção de conhecimento indica um processo eminentemente social e coletivo, não são apenas investigações ou estudos isolados, mas um conjunto de estudos intermediários, com o objetivo de encontrar a explicação mais abrangente e total de um problema concreto e real na sociedade para transformar o que precisa ser aprimorado (BEATÓN, 2017, p. 30-31).

Enfim, no desenvolvimento da investigação e exposição, considere as premissas do método histórico-dialético, a constituição do método de dupla estimulação funcional, a totalidade e a integralidade do objeto de estudo. Na próxima subseção, exponho como ocorreu todo esse processo de produção de dados.

6.2 Procedimentos metodológicos

Em relação aos procedimentos metodológicos, à luz do método materialista histórico-dialético, Grass (2017, p. 43) afirma que “as próprias características do objeto exigem a construção sem receitas e a adequação dos mesmos a cada problema de pesquisa”. Bernardes (2017, p. 73) salienta que

a complexificação que emerge do contexto da pesquisa sobre educação e desenvolvimento psicológico, que se organiza a partir do método materialista histórico e dialético, requer procedimentos metodológicos próprios, que sejam a expressão da dimensão criadora do trabalho investigativo.

Nesse sentido, para Grass (2017), é inconcebível pesquisar em Educação com uma postura coerente à teoria histórico-cultural e não se envolver nesse processo, isto é, se? colocar à margem dos sujeitos. A autora aponta que Vigotsky compara a presença de dois procedimentos, nas pesquisas psicológicas em geral, com o lugar que o esqueleto ocupa na sustentação do corpo:

a semelhança com os organismos de corpo mole como o caracol, está em um grupo de pesquisas que expõe a metodologia separada da pesquisa em si, como se fosse o esqueleto por fora, e o outro grupo, em que a metodologia da pesquisa é a essência, o centro, que sustenta a pesquisa toda, nela o esqueleto está por dentro como nos vertebrados, e situa o próprio método neste segundo grupo. Nesta perspectiva não

é possível separar o corpo teórico que explica a compreensão dos fenômenos psicológicos, ou seja, do objeto de estudo, do corpo metodológico e procedimental. Eles formam uma unidade que indissolúvel dada pelas características especiais do próprio objeto (GRASS, 2017, p. 43).

A escolha dos procedimentos metodológicos, bem como a determinação do método exposto anteriormente, teve por base as características da relação entre o interno e o externo ao indivíduo. Para isso, tais procedimentos metodológicos “devem refletir claramente o conceito de desenvolvimento adotado, evitando assim a repetição de ideias mecanicistas, pragmáticas e/ou multifatoriais” (GRASS, 2017, p. 46).

Ao olhar para as pesquisas que contribuíram para avanços teóricos, referente à relação do interno com o externo na manifestação de fenômenos psíquicos, reconheço que a observação externa do comportamento e a auto-observação foram sempre utilizados como procedimentos metodológicos.

A teoria histórico-cultural reconhece a necessidade de ambas as vias gerais, para o conhecimento psicológico [...]. A auto-observação é considerada um método válido que recolhe os dados da autoconsciência, como reflexo de seu vínculo com a realidade vivida pelo indivíduo. Como método científico a auto-observação, na qualidade de reflexo imediato, exige ser corroborado com os dados da observação do comportamento externo, para encontrar a correlação entre eles e ter valor de dados de pesquisa científica (GRASS, 2017, p. 47).

A observação externa ocorreu pelo procedimento metodológico, que “possibilita um contato pessoal e estreito do pesquisador com o fenômeno pesquisado” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 26). Lüdke e André (1986) consideram que a observação precisa ser planejada, controlada e sistemática, o que requer uma preparação do pesquisador. Isso porque cada pessoa possui a sua história e bagagem cultural, que determinam suas ações.

A observação inicia-se com a delimitação do objeto de estudo para evidenciar “quais aspectos do problema serão cobertos pela observação e qual a melhor forma de captá-los. Cabem ainda nesta etapa as decisões mais específicas sobre o grau de participação do observador, a duração das observações etc.” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 25-26). Após a fase de delimitação do objeto de estudo, inicia-se a fase de planejamento, em que o observador

Precisa aprender a fazer registros descritivos, saber separar os detalhes relevantes dos triviais, aprender a fazer anotações organizadas e utilizar métodos rigorosos para validar suas observações. Além disso, precisa preparar-se mentalmente para o trabalho, aprendendo a se concentrar durante a observação, o que exige um treinamento dos sentidos para se centrar nos aspectos relevantes (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 26).

O pesquisador que utiliza a observação, como procedimento metodológico, precisa definir o seu grau de envolvimento no ambiente. Na pesquisa de campo realizada, adotei a postura de observador como participante, o que, para Junker (1971), é o momento em que o pesquisador interage com os sujeitos da pesquisa e, ao mesmo tempo, os observa. Essa escolha se deu em consonância com o método materialista historico-dialético, que requer do pesquisador um envolvimento com os sujeitos, a ponto de criar contradições para que fosse possível analisar as suas funções psíquicas superiores.

Com a preocupação de manter uma perspectiva de totalidade, minhas observações envolveram uma parte descritiva, como forma de detalhamento do que ocorre no cenário investigado. Bogdan e Biklen (1999) sugerem, para esse detalhamento, que o observador descreva: os participantes, os locais, os eventos especiais que ocorreram no cenário de pesquisa, as atividades, suas atitudes e ações no cenário junto aos sujeitos e reconstrua os diálogos.

Os mesmos autores ainda defendem que a observação também precisa envolver uma parte mais reflexiva para se alcançar a totalidade. Essa reflexão diz respeito às observações pessoais do pesquisador e envolvem: reflexões analíticas, que se referem ao que aprendido com a observação; reflexões metodológicas, que se referem aos procedimentos e estratégias metodológicas que foram utilizados; dilemas éticos e conflitos que possam surgir com os participantes; mudanças na perspectiva do observador durante o estudo; e esclarecimentos necessários de ações e relações que precisam ser explicitadas com detalhes.

Essas sugestões de Bogdan e Biklen (1999) guiaram minhas observações, nos momentos em que os sujeitos realizaram as tarefas pedagógicas na interação com os recursos disponíveis e com os colegas do trio formado por eles. Quando se assume esse papel de observador como participante, a produção dos dados ocorre por meio de notas de campo e gravação de áudio e/ou vídeo (LÜDKE; ANDRÉ, 1986;

MARTINHO, 2007), que foram os recursos também utilizados por mim por meio da plataforma *Google Meet*.

Os dados provenientes da auto-observação – segundo procedimento metodológico identificado nas pesquisas sobre a relação do interno com o externo na manifestação de fenômenos psíquicos – foram produzidos por meio do desenvolvimento das tarefas de ensino, que conduzia os estudantes a uma reflexão sobre os conceitos/termos chaves, no início e durante cada encontro.

Esses dados também foram produzidos por meio de entrevista, em uma relação de interação entre os participantes e o pesquisador. Lüdke e André (1986, p. 34) defendem que “uma entrevista bem-feita pode permitir o tratamento de assuntos de natureza estritamente pessoal e íntima, assim como temas de natureza complexa e de escolhas nitidamente individuais”.

Como se realiza cada vez de maneira exclusiva, seja com indivíduos ou com grupos, a entrevista permite correções, esclarecimentos e adaptações que a tornam sobremaneira eficaz na obtenção das informações desejadas. Enquanto outros instrumentos têm seu destino selado no momento em que saem das mãos do pesquisador que os elaborou, a entrevista ganha vida ao se iniciar o diálogo entre o entrevistador e o entrevistado (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 34).

As respostas às entrevistas – paralelamente, a análise das produções dos sujeitos, do caderno de campo do pesquisador e a observação – realçam o entrevistado como

um informante-chave, capaz precisamente de “informar” não só sobre as suas próprias práticas e as suas próprias maneiras de pensar, mas também – na medida em que ele é considerado como “representativo” de seu grupo ou de uma fração dele – sobre os diversos componentes de sua sociedade e sobre seus diferentes meios de pertencimento. Nesta última acepção, o informante é tido como uma testemunha privilegiada, um observador, de certa forma, de sua sociedade, com base em quem um outro observador, o pesquisador, pode tentar ver e reconstituir a realidade (POUPART, 2008, p. 222).

Optei pela entrevista semiestruturada, pois, permite criar um ambiente agradável, por aproximá-la a uma conversa (MARTINHO, 2007; POUPART, 2008). Esse tipo de entrevista “se desenrola a partir de um esquema básico, porém não aplicado rigidamente, permitindo que o entrevistador faça as necessárias adaptações” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 34).

Nesta investigação, a entrevista semiestruturada com os estudantes ocorreu no início do primeiro encontro e no final da produção dos dados. Teve como finalidade a obtenção de dados que expressassem a auto-observação imediata, após a realização das tarefas, e a auto-observação após um período de reflexão. Também, teve o intuito de conseguir dados referente à historicidade, às características do ambiente social e cultural dos sujeitos da pesquisa e ao sentido atribuído, por eles, à escola. O roteiro da entrevista encontra-se no Apêndice F. Mas, os seus resultados para caracterização dos participantes será apresentado na seção 7, na unidade de análise Vivências.

Concernente ao registro dos dados obtidos na entrevista, Lüdke e André (1986, p. 37) indicam que sua obtenção seja por meio da gravação direta e a anotação durante a entrevista. Tal ação de pesquisa ocorreu por meio do Google Meet, com gravações de tela e imagem. As falas, também gravadas, foram transcritas com o cuidado para respeitar o modo de cada um deles se comunicar.

A gravação tem a vantagem de registrar todas as expressões orais, imediatamente, deixando o entrevistador livre para prestar toda a sua atenção ao entrevistado. [...] as notas já representam um trabalho inicial de seleção e interpretação das informações emitidas.

Em pesquisas, cujo objeto de estudo é o desenvolvimento psicológico em processos educativos, algumas precauções são indispensáveis. Bernardes (2017, p. 74) indica a necessidade do registro das informações provenientes da realidade investigada, de modo a possibilitar que o pesquisador “identifique e explique o sistema de relações existente entre os vários determinantes que constituem a realidade concreta, agora no pensamento”. Trata-se do estudo de um fenômeno que não pode ser analisado de modo isolado. Por isso, recorri a conversas com o coordenador pedagógico da escola e, no decorrer dos encontros, com os próprios estudantes.

6.3 Cenário, participantes e momentos da pesquisa de campo

A pesquisa de campo ocorreu com seis estudantes da primeira série do Ensino Médio, que aceitaram o convite que foi realizado para todos os estudantes desse ano escolar, regularmente matriculados na Escola Estadual Adélio Ferraz de

Castro, localizada no município de Vargem, do estado de São Paulo, Brasil. Eles foram organizados em dois trios. Essa quantidade de estudantes por grupo é decorrente do pesquisador optar por uma organização que tem por base a troica¹⁵ formada por Vygotski, Lúria e Leontiev, isto é, grupos de trabalho compostos por 3 membros.

Inicialmente, o contato para a viabilização da pesquisa de campo, na escola, foi com coordenador pedagógico, prof. Me. Fábio Ferreira da Silva. Ele entregou à diretora da unidade escolar em exercício no ano de 2021, Lucimar Ferreira dos Santos Amorim, a carta de apresentação da pesquisa e do pesquisador (Apêndice A). Como decorrência, a direção emitiu a carta de aceite em colaborar com o projeto de pesquisa (Anexo A).

Em seguida, iniciou-se o processo de cadastro do projeto de pesquisa junto ao comitê de ética da Faculdade de Ciências (FC) da UNESP, realizado na Plataforma Brasil¹⁶. Sua aprovação foi expedida sob o parecer 5.101.360, referente ao projeto intitulado “as inter-relações do pensamento computacional com a gênese do processo de formação das ações mentais: um olhar para a interiorização da atividade externa em interna em aulas de Matemática” (Anexo B).

Após a aprovação, foi enviado para os estudantes: o termo de assentimento (Apêndice B), a carta de informação sobre a participação na pesquisa, a carta de assentimento e autorização para participar em um experimento de ensino (segundo o Conselho Nacional de Saúde, Resolução 510/16) e um questionário sobre estrutura técnica, uma vez que os encontros ocorreram de forma remota devido ao cenário pandêmico causado pela COVID-19.

Aos responsáveis pelos estudantes, também enviei: o termo de consentimento (Apêndice C), contendo uma carta de informação sobre a participação na pesquisa, e o termo de consentimento livre e esclarecido conforme orientação do Conselho Nacional de Saúde, Resolução 510/16.

Em decorrência do consentimento desses dois últimos materiais citados, os seis estudantes não serão nomeados por seus nomes reais, mais por nomes fictícios

¹⁵ “A ‘troica’ surgindo na língua russa para designar uma carruagem conduzida por três cavalos, já há muito ultrapassou fronteiras do significado primário. Na língua portuguesa (como em várias línguas estrangeiras), tal palavra simboliza um grupo formado por três personalidades” (TCHOUBOUKOVA, 2001, p. 190). Esse termo é utilizado pelos estudiosos da teoria histórico-cultural para designar o grupo formado por três dos seus principais nomes: Vygotski, Lúria e Leontiev.

¹⁶ <https://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf> . Acesso em 28 mar. 2023.

escolhidos por eles. Assim, os participantes da pesquisa são: Ana, Paulo e Otávio, que formam o trio 1, e Carol, Júlia e Carlos, do trio 2. Ana e Julia tinham 16 anos, enquanto Otávio, Paulo, Carol e Carlos tinham 15 anos de idade.

Com os documentos assinados, dúvidas sanadas e permissões autorizadas, iniciei o processo de aproximação aos estudantes, por meio de um grupo no WhatsApp, criado pelo coordenador pedagógico da escola, para que eu pudesse me comunicar com todos. Essa ação foi necessária, pois na ocasião da produção dos dados, estávamos trabalhando de forma remota com os estudantes devido à pandemia causada pela COVID-19.

A partir de então, inicia a conversa com a finalidade de nos conhecermos, de motivá-los a participar da pesquisa e de conhecer características sociais e culturais, naquele grupo de comunicação. A caracterização dos aspectos culturais dos estudantes ocorre na seção 7, pois faz parte dos dados desta pesquisa, bem como constitui uma unidade de análise junto com os seus significados acerca do tema desta tese.

Em investigações – que adota o método materialista histórico-dialético na organização das ações do pesquisador, durante o seu período de estudo e intervenção – Grass (2017) reforça a necessidade do pesquisador se envolver no contexto ao qual se está investigando. O acréscimo de Bernardes (2017) é para que ele tenha a consciência de que precisa interferir no ambiente para provocar estímulos a fim de conseguir investigar o desenvolvimento psíquico humano. Beatón (2017, p. 27) corrobora com a afirmação de que

[...] partindo de uma análise crítica minuciosa, ajustada a uma determinada concepção, se pode realizar um estudo das contradições para ampliar e aprofundar a integralidade da explicação de um ato particular como são os reflexos condicionados nos seres vivos anteriores ao ser humano e, em particular, os processos concretos da vida real dos próprios seres humanos.

Essa é uma característica do método experimental de Vygotski (2014 – Tomo II). Para o autor, as ações no momento de produção de dados devem “oferecer o máximo de oportunidades para que o sujeito experimental se engaje nas mais variadas atividades que possam ser observadas, e não apenas rigidamente controladas” (VIGOTSKI, 2008, p. 14). Marino Filho (2017, p. 143), salienta que isso

“nos coloca frente a uma questão ética dos interesses da pesquisa”. Isso se deve pelo fato de o pesquisador procurar

Confrontar o sujeito com algum tipo de situação-estímulo planejada para influenciá-lo de uma determinada maneira, e, então, examinar e analisar a(s) resposta(s) elucidada(s) por aquela situação estimuladora. Afinal de contas, a verdadeira essência da experimentação é evocar o fenômeno em estudo de uma maneira artificial (e, portanto, controlável) e estudar as variações nas respostas que ocorrem, em relação às várias mudanças nos estímulos (VIGOTSKI, 2008, p. 67).

Em muitos casos, esse estímulo é causado pelas situações (tarefas) criadas para colocar os sujeitos em movimento de pensamento conceitual peculiar à pesquisa. A escolha e cuidado no uso dos instrumentos é para que as ações desenvolvidas estivessem atreladas ao objeto de estudo – no caso, as funções psicológicas superiores. Isso a mediação proporcionada por eles e pelos signos, no desenvolvimento cultural do sujeito “é objetivada pelos processos educativos em geral que impactam na transformação do psiquismo humano por meio das relações sociais” (BERNARDES, 2017, p. 69). A autora acrescenta:

[...] tanto os signos quanto os instrumentos exercem a função mediadora na constituição e desenvolvimento psicológico, porém têm orientações distintas – os signos transformam a atividade interna dos sujeitos e os instrumentos criam a possibilidade de transformação na atividade externa aos sujeitos (BERNARDES, 2017, p. 68).

Essa mediação, que é pressuposta pelo uso de instrumentos na transformação da natureza externa e interna do homem, é o que contribui para a compreensão do método utilizado nesta tese, que se baseia em um sistema de estímulo e reações sociais, importantes para o momento de produção dos dados acerca da atividade interna.

A natureza de conjunto do ato instrumental determina a singularidade de sua estrutura interna, cujos aspectos mais importantes foram enumerados anteriormente (estímulo-objeto e o estímulo-instrumentos, ou seja, a recriação e combinação das reações com ajuda do instrumento). [...] podemos defini-lo por seus componentes como uma função complexa, globalmente sintética (sistema de reações), mas que é ao mesmo tempo o fragmento mais simples de comportamento com que depara a investigação e a unidade elementar de

comportamento do ponto de vista do método instrumental (VIGOTSKI, 2004, p. 97).

Existem dois tipos de instrumentos: o *técnico* e o *psicológico*. O primeiro se faz presente no momento da atividade do homem com o objeto externo, como um elemento intermediário que, no processo da interação, pode provocar mudanças no próprio objeto. Estas podem resultar da influência da orientação do segundo à psique e ao comportamento. “O instrumento psicológico, [...] não modifica em nada o objeto: é um meio de influir em si mesmo (ou em outro) – na psique, no comportamento -, mas não no objeto” (VIGOTSKI, 2004, p. 97).

A relação entre os dois tipos de instrumentos é uma discussão importante para a pesquisa que foi desenvolvida e aqui está sendo relatada. Afinal, adoto como instrumentos técnicos um ambiente de programação e um ambiente dinâmico para representações de conceitos matemáticos. Portanto, meu olhar está para a modificação causada pela atuação dos sujeitos nesse processo de estímulo-reação na natureza exterior a eles, que influencia e causa uma modificação sobre a natureza interior. “O estímulo se transforma em instrumento técnico graças a sua utilização como meio de influência na psique e no comportamento” (VIGOTSKY, 2004, p. 98).

Vigotsky (2004, p. 98) reforça que “todo instrumento é necessariamente um estímulo: se não o fosse, ou seja, se não gozasse da faculdade de influir no comportamento, não poderia ser um instrumento”. No entanto, chama a atenção para o fato de que nem todo estímulo será um instrumento. Alguns estímulos não serão transformados em instrumentos psicológicos pelas suas propriedades físicas (não serem atrativas, por exemplo).

O domínio de um instrumento psicológico e, por seu intermédio, da correspondente função psíquica natural, eleva esta última a um nível superior, aumenta e amplia sua atividade e recria sua estrutura e seu mecanismo. Os processos psíquicos naturais não são eliminados com isso, mas entram em combinação com o ato instrumental e dependem funcionalmente, em sua estrutura, do instrumento utilizado (VIGOTSKI, 2004, p. 100).

Por esse motivo e alinhado ao objetivo desta investigação, o software Scratch e o software GeoGebra foram utilizados como instrumentos técnicos, com a finalidade de promover a transformação desse estímulo, sobre o objeto, em instrumentos psicológicos (que modificam a psique e o comportamento), de modo a

contribuir para a investigação acerca do desenvolvimento do pensamento computacional.

As tarefas elaboradas tiveram com o intuito de abordar o sistema de conceitos referentes a polígonos regulares, bem com fomentar a formação da habilidade EF07MA27, presente na Matriz de Habilidades Essenciais¹⁷ do Currículo Paulista referente à 1ª série do Ensino Médio. Elas são enunciadas como: calcular medidas de ângulos internos de polígonos regulares, sem o uso de fórmulas, e estabelecer relações entre ângulos internos e externos de polígonos, preferencialmente vinculadas à construção de mosaicos e de ladrilhamento. Esse tema e habilidade foram escolhidos com base no planejamento pedagógico da professora de Matemática dos estudantes envolvidos na pesquisa.

Com cada trio de estudantes, as tarefas foram desenvolvidas em três encontros por meio da plataforma *Google Meet*, para que pudesse ser realizada a gravação das interações entre os estudantes, que estavam reunidos presencialmente na escola, e o pesquisador, que estava conectado online a eles. Por causa da situação causada pela pandemia da Covid-19, os estudantes tiveram autorização para estarem presencialmente na escola, pois estavam em processo de rodízio organizado por bolhas, isto é, o mesmo grupo de estudantes iria à escola presencial por uma semana, enquanto os demais acompanhavam as aulas em suas residências.

Desse modo, a produção dos dados ocorreu na semana em que esses estudantes estiveram no espaço físico escolar. A escolha por esses participantes e a quantidade de trios se deu por serem eles que estariam na escola na semana de realização da pesquisa de campo, compondo apenas 2 trios de estudantes. Além de ter apenas esses dias para realizar os encontros com os estudantes, os 6 estudantes foram aqueles que aceitaram o convite para participar da pesquisa, como relatado, anteriormente. No entanto, a organização deles foi de acordo com o vínculo de amizade entre eles. Além disso, eles se encontraram na escola, pois de acordo com o questionário enviado à priori, detectei que nem todos possuíam bom acesso à conexão de internet e/ou computadores, em suas residências.

¹⁷ Essa matriz foi elaborada pela Secretaria Estadual de Educação com o intuito de amenizar as percas pedagógicas decorrentes do período em que os estudantes das escolas públicas ficaram sem acesso às escolas em decorrência do isolamento social causado pela COVID-19.

Devido a essa situação, causada pela pandemia da Covid-19, eu não tive autorização para estar presencial na escola. A justificativa para tal impedimento, pelo corpo administrativo e pedagógico da escola, é que eu seria um membro externo em contato com os estudantes e correria o risco de contaminar os demais que pertenciam à mesma bolha. Vale esclarecer que o termo bolha designa grupos de pessoas que se relacionavam por diferentes motivos, que manteriam contato apesar do distanciamento social.

Cada encontro teve a duração de duas horas e meia e ocorreram em dias diferentes. Isto significa que a interação entre pesquisador e estudantes ocorreu em três dias, mas na mesma semana. Os encontros aconteceram no período de aula dos estudantes. Eles se reuniram na sala do coordenador pedagógico da escola, com a utilização de um único computador. Estiveram sempre com a câmera e áudio abertos, bem como a tela do computador compartilhada para que eu pudesse visualizar suas produções. Todos os encontros foram gravados pela função de gravação do *Google Meet*.

No primeiro encontro, desenvolvemos três tarefas. A primeira foi a entrevista semiestruturada inicial (Apêndice D), a fim de obter mais informações sobre eles. Além disso, para validar informações que eles apresentaram na comunicação prévia, no grupo do WhatsApp.

A segunda tarefa, intitulada “O que significa?” (Apêndice E), consistiu-se em um momento em que eu falava alguns conceitos/termos, referentes ao tema que seria abordado com eles nas próximas tarefas de ensino, e eles tinham que escrever o significado deles. Caso não soubessem o significado, os estudantes poderiam deixar sem resposta. Meu objetivo, nessa tarefa, foi identificar os conceitos assimilados e aqueles em formação, para que eu pudesse reorganizar as próximas tarefas.

A terceira tarefa de ensino do primeiro encontro (Apêndice F), consistiu em cinco situações de análise, que versavam sobre o tema polígonos regulares, a fim de compreender os conhecimentos prévios deles referentes ao sistema de conceito. Meu objetivo, naquele momento, foi identificar tais conhecimentos para que eu pudesse organizar de forma adequada as tarefas de ensino a serem desenvolvidas no processo de formação da base orientadora da ação pelos estudantes.

No segundo encontro, foi proposta uma tarefa orientada, com vistas à formação da BOA tipo III pelos estudantes, bem como a constituição do EBOCA dos

estudantes (Apêndice G). A descrição de seu desenvolvimento e de como se deu a interação dos estudantes, ocorrerá na seção 7.

Ainda no segundo encontro e, posteriormente, no terceiro, foram desenvolvidas tarefas de ensino com o uso dos softwares Scratch e GeoGebra, com a expectativa de que propiciasse a formação do pensamento conceitual dos estudantes sobre polígonos regulares. Portanto, constitui-se em um recurso inserido nas demais etapas da formação planejada das ações mentais e dos conceitos dos estudantes, segundo a premissa do método da dupla estimulação funcional de Vygotski (2014 – Tomo II). Essas tarefas constam nos Apêndices H e I.

Para o terceiro encontro havia uma tarefa de ensino com o objetivo de observar a formação da habilidade EF07MA27 (Apêndice J), descrita na seção 7. Importa dizer que foi desenvolvida por apenas um dos trios de estudantes, pois a discussão acerca do conceito polígono regular, com o outro trio de estudantes, tomou outro caminho, conduzido pelas motivações e estímulos de seus componentes, conforme detalhamento na seção 7.

Contudo, tal dispersão não descaracteriza a qualidade do estudo. Em uma pesquisa fundamentada na teoria histórico-cultural – que tem como objeto de estudo o desenvolvimento psicológico em processo educativo – é preciso considerar as ações e operações que os sujeitos realizaram coletivamente e cooperativamente na atividade pedagógica (BERNARDES, 2017). Conforme a autora,

Neste aspecto, evidencia-se a necessidade de organização dos sujeitos visando o movimento dialógico do conceito que tenha como finalidade a superação do sentido pessoal dos estudantes, possível no nível das deduções informais, para a apropriação do significado social do objeto de estudo – o próprio conceito. Para tanto, há de se superar a compreensão de que o conceito é construído pelo próprio estudante, mas faz-se necessário assumir que o mesmo é produzido ao longo da história dos homens e precisa ser transformado em conhecimento escolar para ser apropriado pelos estudantes na forma de conceito científico. Na atividade conjunta, entre estudantes e professores, identificamos a importância de os mesmos terem consciência de que integram uma coletividade de estudo, em que as dimensões afetiva, volitiva e cognoscitiva integram-se como unidade nas ações interpessoais (BERNARDES, 2017, p. 74-75).

Para finalizar essa subseção, vale reafirmar que o desenvolvimento das funções psicológicas superiores requer o uso de signos, mas não acontece espontaneamente por parte dos estudantes. Antes, necessita-se de interações com suas mediações, que contribuirão na relação entre o ser, a consciência e a realidade. Nesse processo, faz-se presente a vivência que, por sua vez, relaciona-se aos

conceitos de sentido e significado. A ação vinculada à pesquisa precisa promover a vivência, que é a unidade básica no escopo da Situação Social de Desenvolvimento (VIGOTSKY, 1995).

A vivência é um termo amplo, na teoria histórico-cultural, pois relaciona-se com o cognitivo e o volitivo do indivíduo, além de implicar no modo de ser do sujeito no processo de desenvolvimento. Importa, ao pesquisador, “entender quais necessidades são satisfeitas naquele ato, quais experiências configuram a satisfação destas necessidades, quais motivos se estabelecem como orientadores daquele comportamento” (GRASS, 2017, p. 54).

Por isso, as minhas ações, no cenário de investigação, foram cuidadosamente pensadas com o intuito de promover vivências, uma vez que elas “podem tornar-se as principais forças motrizes do desenvolvimento se, no entorno no qual o indivíduo está inserido, são construídas situações estimuladoras do desenvolvimento, que promovam o movimento na Zona de Desenvolvimento Proximal” (GRASS, 2017, p. 52).

6.4 Tratamento e análise dos dados produzidos

O método materialista histórico-dialético exige do pesquisador “a criação de mediações simbólicas que busquem a gênese, ou seja, a origem do desenvolvimento” (ROMANELLI, 2011, p. 206). Também, postula uma análise qualitativa do desenvolvimento psicológico, que visa conhecer a sua essência. Corroboro Rubinstein (1978, p. 44) que o objetivo central de uma pesquisa fundamentada neste aporte teórico “consiste em pôr em evidência as leis específicas básicas dos fenômenos estudados, na qual os métodos de pesquisa, [...], estão determinados sempre pela concepção teórica de base, que serve de orientação, direção e guia”.

Desse modo, o tratamento e análise dos dados produzidos tiveram como base toda a fundamentação teórico-metodológica apresentada, uma vez que “a relação dialética e histórica integrada ao método materialista [...] analisa o processo de interação entre o homem – enquanto ser social – e a natureza por meio da mediação de instrumentos e signos” (BERNARDES, 2017, p. 68). Sendo assim, “[...] a análise dos resultados deve partir do fenômeno em estudo como um processo e não como um resultado” (GRASS, 2017, p. 46).

Vigotski (2008) apresenta três princípios fundamentais que formam a base do método histórico-dialético no que diz respeito a análise das funções psicológicas superiores, que serão considerados na análise dos dados produzidos no cenário de investigação desta tese. Esses princípios são: *analisar processos e não objetos, explicação versus descrição e problema do comportamento fossilizado*.

Analisar processos e não objetos está vinculado à análise da essência e não a aparência, a olhos vistos, do desenvolvimento do pensamento ou do comportamento voluntário. Aquilo que se está aparente possui uma relação com o que é essencial, mas não se coincidem. Isso leva o pesquisador a priorizar processos e não objetos, no momento da análise.

Um exemplo desse princípio é o movimento realizado pelo sol. Ao observá-lo, tenho a impressão de que ele se move de modo a realizar uma trajetória ao redor de mim, isto é, eu sou o ponto de referência. Mas, na essência, o movimento realizado é outro: é a terra que se move em torno do seu próprio eixo, no movimento chamado rotação. Esse movimento não foi identificado por mim, pois, analisei o objeto e não o processo. Uma vez que faz parte do método histórico-dialético a criação de estímulos a fim de provocar um processo de desenvolvimento psicológico, “a tarefa básica da pesquisa obviamente se torna uma reconstrução de cada estágio no desenvolvimento do processo” (VIGOTSKI, 2008, p. 71).

Explicação versus descrição está relacionado à explicação das causas e não apenas descrever os efeitos. Como salienta Vigotski (2008, p. 71), “a mera descrição não revela as relações dinâmico-causais reais subjacentes ao fenômeno”. O autor menciona que as características externas (fenótipos) se diferenciam das características internas (genótipos). Nesse segundo, “um fenômeno é explicado com base na sua origem, e não na sua aparência externa” (VIGOTSKI, 2008, p. 71), como é no primeiro caso.

Um exemplo, seria a realização de uma ação pedagógica com três pessoas utilizando um recurso tecnológico. A olhos vistos, os três estão interagindo entre si e com o recurso tecnológico. Isso pode me levar a descrever que esse recurso é um instrumento técnico que, na aparência, modifica o instrumento psicológico de cada um, com a crença de que contribuiu para o desenvolvimento de funções psicológicas superiores, como o pensamento, por exemplo. Se eu apenas descrever, ao invés de explicar, não irei “revelar a sua gênese e suas bases dinâmico causais” (VIGOTSKI, 2008, p. 71).

Ao explicar, pela análise do processo e não o objeto, poderei identificar se realmente o recurso tecnológico é um estímulo social a ponto de modificar o instrumento psicológico, de modo a propiciar o desenvolvimento do pensamento ou outra função psicológica superior. Portanto, a descrição real do ambiente e das características externas dessas três pessoas, em interação entre si e com o recurso, não me permite revelar e nem concluir algo sobre a essência do desenvolvimento psicológico.

Retomando ao exemplo do sol, como consigo chegar na essência do movimento realizado? A resposta é clara: explicando e não descrevendo. Ao descrever, direi que o sol se move. Mas, ao explicar, ao olhar o processo e a historicidade, verei na história que essa ideia foi iniciada por Copérnico. Porém, foi com os estudos de Galileu, ao pendurar um pêndulo em uma viga sem a ação de uma outra força sobre ele, percebendo na areia o movimento realizado, que o homem chegou à conclusão de uma concepção heliocêntrica. Por decorrência, o homem passou a admitir que a Terra gira em torno de seu eixo, pois não há uma força capaz de parar sua rotação, o que causa a impressão de que o sol se move em torno do homem.

Esse exemplo nos leva ao terceiro princípio, o *problema do comportamento fossilizado*, que se vincula à historicidade e à identificação de processos psíquicos que parecem ser mecânicos, automatizados. Mas, na origem, demandaram uma dinâmica ativa para virem a existir. O arqueólogo, ao encontrar um fóssil, observa-o e analisa-o de modo a resgatar o ser vivo. O mesmo acontece nesse princípio.

Nós, seres humanos, temos estereótipos e consideramos natural, modos específicos (rígidos, preconceituosos etc.) de olhar para o outro, que foi estabelecido no processo de humanização. O papel do pesquisador é desmontar esse fóssil como algo que teve origem viva na história que fez chegar até ali, ou seja, não é natural. Um exemplo, é o machismo, que não é algo natural, mas foi constituído no ambiente cultural e social do homem e está fossilizado nas gerações.

Para Vigotski (2008, p. 73-74), a abordagem analítica, proposta por ele,

inclui uma explicação científica tanto das manifestações externas quanto do processo em estudo. A análise não se limita a uma perspectiva do desenvolvimento. Ela não rejeita a explicação das idiosincrasias fenotípicas correntes, mas, ao contrário, subordina-as à descoberta de sua origem real. [...] Para isso, o pesquisador é frequentemente forçado a alterar o caráter automático, mecanizado e fossilizado das formas

superiores de comportamento, fazendo-as retornarem à sua origem através do experimento.

Bernardes (2017) realça que os princípios do método de Vigotski são fundamentais em pesquisas contemporâneas, que tenham o método da teoria histórico-cultural como fundamentação para a prática da ciência, a qual a pesquisa se fundamenta. A autora reforça que

Se tomarmos estes aspectos do método proposto por Vigotsky para a análise do psiquismo, identifica-se que os planos filo e ontogenético contemplam as dimensões ontológicas, gnosiológicas, epistemológicas e lógicas na pesquisa educativa por requererem, no movimento de análise da realidade psicológica o historicismo, a concretude e a materialidade da constituição e do desenvolvimento humano (BERNARDES, 2017, p. 70).

A esses princípios, Vygotski (2014 – Tomo II) propõe que a análise do desenvolvimento das funções psicológicas superiores seja pautada em unidades de análise, pois a análise por elementos não atinge a totalidade do fenômeno, além de não considerar o caráter dialético, como mencionado nesta seção com o exemplo da molécula da água.

Essas unidades, diferentemente dos elementos, não perdem as propriedades inerentes ao todo que devem ser objeto de explicação, senão que encerram em sua forma mais simples e primária essas propriedades do todo que tem motivado a análise (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 288, tradução nossa).

Nessa perspectiva, a tarefa fundamental da análise “não é decompor o todo psicológico em partes e inclusive em fragmentos, mas destacar do conjunto psicológico integral determinados traços e momentos que conservam a primazia do todo” (VYGOTSKI, 1995, p. 99-100). Trata-se, portanto, de uma análise que busca “as relações entre os fragmentos que compõe o todo, pois os **modos como** esses fragmentos se relacionam, tanto os determina quanto é determinante do todo composto” (ZANELLA et. al., 2007, p. 28).

Por isso, é de extrema importância o contato do pesquisador com os sujeitos de modo a compreender os movimentos que eles realizam nas relações que estabelecem, no cenário investigado. No entanto, como mencionado, no desenvolvimento desta pesquisa, não foi possível realizar um contato presencial. O

tempo de duração dos encontros não pôde ser maior tendo em vista que eles ocorreram nos últimos dias do ano letivo em que os estudantes estariam na escola.

Esses foram os dias acordados com a escola, dentro daqueles em que os estudantes estariam no local dado a rotatividade de grupos que frequentavam o ambiente escolar físico. Mas, são essas relações que permitem compreender a totalidade no momento da análise, “pois é justamente a **maneira como** os elementos se relacionam que configura o quadro total: qualquer mudança na composição dos mesmos, altera o todo” (ZANELLA et. al., 2007, p. 28).

Concordo com Zanella et. al. (2007, p. 28) que essas “relações é o que nos permite conhecer a transição do coletivo ao singular e deste ao coletivo, momento considerado de extrema importância na análise, pois as mudanças de qualidade se dão justamente pela realização destes movimentos”. O ponto central desta investigação de doutorado se encontra exatamente nesses movimentos dialéticos, em que ocorre a passagem do que é exterior ao sujeito, ao seu interior.

Assim, a análise realizada privilegia

os movimentos, transições, aquilo que propicia uma compreensão integral dos fenômenos, por contemplar as relações de constituição recíproca desses e da totalidade que os mesmos compõem, e também a gênese das mudanças de qualidade propiciadas por estas íntimas relações (ZANELLA et. al., 2007, p. 28).

Uma vez que a ação, vinculada à pesquisa, considera a vivência dos sujeitos, corroboro Grass (2017, p. 51, grifo da autora), que “abordar a **vivência como unidade de análise**, permitirá encontrar os nexos essenciais entre o interno e o externo que determinam a atitude dos sujeitos da educação no processo educativo”. Isso acontece porque as vivências revelam as necessidades que, por sua vez, determinam a atitude do indivíduo na busca por um equilíbrio. Este é quem o impulsiona a exibir determinadas atitudes, ou seja, “quanto mais essenciais sejam estas necessidades, mais fortes e profundas resultarão as vivências” (GRASS, 2017, p. 51).

A vivência é considerada, para Vygotski (1999), o resultado de tudo que o indivíduo assimilou em sua existência, que contribui com a sua tomada de consciência. Para Bittencourt e Fumes (2021, p. 5), vivência “é uma unidade sistêmica da consciência/personalidade na relação com o meio, é uma fonte de informações sobre a constituição do indivíduo”. É, portanto, a vivência, uma unidade

de análise da personalidade do sujeito, dado o meio no qual ele se insere, que formam o todo.

Uma segunda unidade de análise, a se considerar, é os significados e sentidos na busca de compreender o pensamento e a linguagem, que formam o todo.

A transformação do pensamento em palavra, por conseguinte, é um processo complexo e dinâmico de decomposição e recomposição, de transformações complexas onde a objetivação do sujeito por meio da palavra escrita ou falada, do gesto, da expressão, nunca corresponde diretamente ao pensamento que a engendrou e que é modificado no próprio processo de comunicação. Dito de outra forma, há sempre um subtexto oculto em todo enunciado. Desse modo, o pensamento não é simplesmente expresso em palavras ou outro signo pelo qual se objetiva, ele se constitui por meio deles, tanto em sua dimensão física, ou seja, pelo som, traço ou imagem que o apresenta, quanto pelos sentidos produzidos nos contextos de interlocução, sentidos esses que pressupõem necessariamente algum outro, presente ou ausente: “Se tudo que desejamos expressar estivesse contido nos significados formais das palavras empregadas, para expressar cada pensamento distinto necessitaríamos utilizar muito mais palavras do que na realidade empregamos. Falamos somente com as alusões necessárias” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 323, tradução de ZANELLA et. al., 2007, p. 31).

O método não prevê procedimentos de pesquisa e unidades de análise prontas. O pressuposto é de que, se o pesquisador tiver para si o objeto de estudo e o princípio explicativo, ele conseguirá determinar o procedimento adequado para a pesquisa, como elencado na subseção anterior. O mesmo acontece para a análise: com o objeto de estudo e o princípio explicativo bem definidos, somado ao contato no ambiente investigado, o pesquisador conseguirá identificar suas unidades de análise.

Apesar de que a internalização da atividade externa não seja parte de um processo linear, Galperin (1986) estabelece que, metodologicamente, esse processo pode ser separado para análise didática, considerando as partes: orientação, execução real e controle da ação. Nesse caso, como a linguagem é essencial para a teoria, o autor estabelece que ação e comunicação formam uma unidade. Assim, para além das unidades apresentadas anteriormente, essa outra unidade de análise surgiu com base no objeto e na ciência que é a base deste estudo.

Desse modo, na próxima seção apresentarei os dados produzidos com a realização da pesquisa de campo, em que teço uma discussão sob as unidades de análise elencadas, a saber: vivência e ação e comunicação. Dado o objetivo desta pesquisa, os significados e sentidos produzidos pelos estudantes estarão presentes nas duas unidades de análise elencadas, uma vez que sua produção e desenvolvimento ocorreram na interação em prol da formação da ação, mediada pela linguagem e símbolos característicos das vivências deles.

O tratamento e análise de dados, nesta investigação, seguiram os pressupostos apresentados, uma vez que “o método é, ao mesmo tempo, pré-requisito e produto, o instrumento e o resultado do estudo” (VIGOTSKI, 2008, p. 74). Em suma, a análise do processo (característica essencial do método histórico-dialético e adotada nesta investigação) é um processo. A minha prática como pesquisador é um processo infinito, apesar de esta tese apresentar um momento finito. É um ato de autoconsciência. É um processo de objetivação do processo.

7 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

O instrumento cultural apropriado pelo indivíduo torna-se parte de seu ser, incorpora-se à sua individualidade, transmitindo as capacidades do gênero humano, da humanidade como um todo, em capacidades do indivíduo (MARTINS; RABATINI, 2011, p. 355).

Nesta seção, apresento e analiso os dados obtidos com a objetivação da participação dos estudantes, conforme descrita na seção anterior. Seguindo o que foi apresentado acerca do método adotado na produção dos dados, a análise ocorre com o agrupamento dos dados em duas unidades de análise, na ordem que segue: 1) vivência e 2) ação e comunicação.

Na unidade de análise *vivência*, o foco é a compreensão da realidade dos estudantes sob sua própria ótica. O intuito é a identificação da sua tomada de consciência, referente ao seu contexto escolar e social, no que tange ao uso de máquinas oriundas do avanço da Computação e à incorporação de aspectos culturais dessa área do conhecimento em ações sociais.

Na unidade *ação e comunicação*, o foco é a formação das ações mentais dos estudantes. Discuto os momentos em que eles desenvolvem as tarefas de ensino, à luz da teoria de Galperin (1986). Também, procuro elucidar características do desenvolvimento do pensamento computacional, no processo de formação da ação mental, com o intuito de responder à pergunta geradora desta investigação, que caracteriza o alcance do seu objetivo geral.

Em ambas as unidades, estão presentes os *significados e sentidos* dos estudantes, como forma de elucidar as compreensões deles acerca dos conceitos matemáticos envolvidos nas ações realizadas e tarefas de reconhecimento dos conhecimentos prévios deles, sobre conceitos matemáticos em questão.

Com a preocupação de analisar os dados em sua totalidade, os momentos vividos com os estudantes foram retomados em todas as unidades de análise. Isso ocorreu com falas e resoluções de tarefas produzidas por eles, de modo que, ao final desta seção, seja possível vislumbrar e compreender a pesquisa de campo com os detalhes e riquezas envolvidas. A discussão será tecida de acordo com os pressupostos teóricos apresentados nas seções 2, 3 e 4 desta tese.

7.1 Unidade de Análise 1: Vivência

Na tentativa de compreender as experiências dos sujeitos da pesquisa, busquei mapear as relações de convívio entre eles dentro e fora do espaço escolar. Ana e Otávio estudaram juntos no oitavo ano do Ensino Fundamental. São amigos fora do ambiente escolar e frequentam os mesmos lugares públicos. Paulo nunca tinha interagido com eles diretamente, mas tinha visto os outros colegas, no ambiente escolar, quando eles estudavam em outra escola, durante os anos finais do Ensino Fundamental.

Para o trio, a escola representa a possibilidade de conviver com outras pessoas, nas aulas no interior da sala, em ações coletivas de esportes, festividades e outras comemorações. Eles ressaltaram a importância da presença dos pares para o desenvolvimento com ser humanizado e cultural. Em suas falas, mencionaram a situação do isolamento social, vivenciado pela pandemia causada pela COVID-19, como ponto negativo, por ter retirado deles a possibilidade de conviver com o outro. Isso ocorreu, principalmente em 2021, que, para eles, foi marcado como um ano de transição em que eles saíram da escola anterior para realizar o Ensino Médio, na escola atual.

Ana, Paulo e Otávio atribuem importância ao convívio com outros colegas, pela convivência em anos anteriores na outra instituição, localizada no mesmo bairro da escola atual. No entanto, o isolamento social mencionado tirou-lhes a interação, que se caracterizava como algo natural em suas constituições como seres culturais, no último ano em que estudariam na escola que proporcionava esse encontro.

Quando retornaram às atividades presenciais, com atenção aos protocolos sanitários para a convivência em lugares públicos e fechados, eles retornaram às atividades escolares em um local físico que não era mais o mesmo que eles estavam acostumados. Também, perceberam diferenças em relação à forma de organização, às equipes gestora e docente, pois eram outras. Ainda mais, não estavam em ações de grupo, o que eles relataram como importantes e necessárias. Tudo isso ocorreu devido à situação pandêmica instaurada na nação.

Em meio a essa nova caracterização do ambiente escolar, para eles, teve a inserção de novos estudantes em suas turmas, como é o caso de Paulo, que via Ana e Otávio pelos corredores da escola na etapa anterior ao Ensino Médio, mas não convivia com eles diretamente. Paulo comentou que a relação sempre foi cordial e

de saudação, como “bom dia” e “boa tarde”, mas nunca de aproximação para um convívio fora do ambiente escolar, que nesse período de transição era em um ambiente virtual.

É nesse cenário que se encontram esses adolescentes, que buscam a compreensão das alterações bruscas que ocorreram no ambiente que, para eles, era caracterizado como refúgio e oportunidade de interação. Também, atribuem à situação social, causada pela COVID-19, a dificuldade com a Matemática, que tiveram no 9º ano e estão tendo na primeira série do Ensino Médio, como pode ser observado nas falas, a seguir.

O ensino, tudo praticamente, porque a distância era mais difícil pra gente do que presencial. Presencial tinha os protocolos, agora tá diminuindo um pouco, mas ainda tem, não é como antigamente que a gente tava acostumado, mas também a gente aprendeu bastante coisa (Ana, 2021).

Eu gosto da escola por causa do convívio com os amigos, né. Também sempre passo a maioria do dia sozinho em casa, então eu gosto. E sobre as lições, eu tô aprendendo bastante coisa agora, coisa nova, que era pra eu ter aprendido no nono, só que eu não fiz o nono, aí tá bom. Os professores, também, não tenho nada o que reclamar, ensinam bem. É só isso (Otávio, 2021).

A partir do 9º ano ali, a gente teve esse problema da pandemia, como eu acabei de falar, porque a gente não aprendeu muito bem, chegou aqui, a gente precisava desse conteúdo do ano passado pra avançar no conteúdo. O que acontece? A gente não tinha aprendido direito, o professor não tem como retornar no conteúdo do 9º ano porque ele é obrigado a passar o conteúdo deste ano, ele precisa lecionar aquilo, só que a gente não sabe muita coisa, às vezes que vem desde lá de trás. Aí o que acontece? Aula de Matemática, por exemplo. [...] tempo de pandemia, professor passa formulário online, é o que ele podia fazer. O que acontece? Ele tem recursos na internet, eu consigo te falar isso, temos sites, perguntas e respostas, não sei o quê, teve professor que eu já peguei apostila no ano passado, e o professor deixou a resposta embaixo, esqueceu ali, pegou ali no site, colocou no Power Point, enviou,

imprimiu, acabou. [...] É o que eu falei, o professor finge que ensina, a gente finge que aprende. A partir do 9º ano eu tô vendo uma ladeira abaixo, infelizmente, inclusive com as provas do Estado. (Paulo, 2021).

Em suas falas, Ana, Paulo e Otávio apresentaram uma necessidade de estar no ambiente escolar devido à interação com o outro, pontuado anteriormente. Isso é decorrente de aspectos do cotidiano de cada um deles. Otávio passa o período da manhã do seu dia sozinho em sua casa e, se distrai com jogos, nesse período. Portanto, é no período da tarde que ele consegue interagir com os colegas e outras pessoas, além do fim de semana, quando ele tem momentos de descontração com as mesmas pessoas que ele convive no ambiente escolar.

Ana viveu com a família em sítio e, desde então, passou a fazer ações decorrentes desse contexto, como andar a cavalo, que é algo de sua preferência. No entanto, sua rotina foi alterada com o passar dos anos, ao entender que o ser humano se desenvolve com base na sua relação com o trabalho, em uma esfera social. Com isso, ela tomou consciência de sua importância para a vida familiar, ao cuidar de seu irmão mais novo para que os pais pudessem trabalhar. A seguir, apresento um excerto de sua fala referente à sua rotina.

Então, eu acordo 5 horas da manhã, mas eu volto a dormir porque eu cuido do meu irmão. Então, eu passo pro quarto dos meus pais pra ficar junto com ele, **mas, às vezes, eu fico lá estudando, fazendo outras coisas, estudo lá no quarto, só que olhando ele**. Eu olho até meio-dia, meio-dia e meia, mais ou menos. Minha mãe chega, pega eu, traz eu na porta da escola, eu fico na escola das uma até as seis. Seis e meia, às vezes, que eu chego em casa, e de noite geralmente eu faço as coisas que eu gosto de fazer: assistir TV, tocar violão, que eu to fazendo aula. E toda quarta-feira eu jogo bola, eu gosto de jogar bola. [...] E final de semana é mais diferente porque, como ele falou [se referindo a Otávio], eu saio com os amigos ou vou andar a cavalo, que eu gosto (Ana, 2021).

Esse histórico sobre o ambiente cultural de Ana é importante para a compreensão de falas que trarei mais adiante, referentes à presença de instrumentos tecnológicos em seu cotidiano. Antes, quero me atentar ao trecho de sua fala anterior

em que ela aborda momentos de estudos, enquanto cuida de seu irmão (trecho em destaque *bold*).

Como mencionado na seção anterior, Ana, Paulo e Otávio estavam no mesmo ambiente de interação comigo. Portanto, as falas que estão sendo apresentadas, nessa discussão, são decorrentes de um momento em que um acompanhava o relato do outro. Pontuo essa caracterização do cenário de investigação, pois, quando Ana se expos, no excerto apresentado anteriormente, questionei a oposição que há entre a manhã de Ana e a manhã de Otávio.

Mesmo tendo que cuidar do irmão mais novo, ela optava por estudar. Por sua vez, Otávio, que não precisava exercer nenhuma função, não optava por estudar. Isso é decorrente das vivências familiares. Ana pontuou que sempre observou que os pais trabalham muito, por decorrência da falta de estudo. Portanto, para ela, o estudo é um determinante social pelo qual ela pode se desenvolver em suas relações sociais. Apesar da pouca idade, Ana tem consciência de que o estudo é o seu instrumento de luta social.

Paulo também atribui, para o seu desenvolvimento social, um papel importante ao estudo. Mas, diferente de Ana, ele teve estímulos em sua infância decorrente da atuação profissional de seu pai, que lhe proporcionava momentos de curiosidade e investigação, por meio das peças do trabalho que levava para casa. Além disso, Paulo recebeu um estímulo cultural quando estava nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental, que foi uma nota 10 em uma avaliação escolar, realizada no 4º ano.

No diálogo apresentado, a seguir, entre Paulo e mim, é possível observar – por meio dos destaques – esses aspectos pontuados, bem como identificar que signos culturais, como premiação, foram decisivos para estimulá-lo a sempre estudar mais. Ele manifesta uma necessidade peculiar da sociedade atual de estar em destaque e que privilegia: os altos índices de acertos, as boas colocações em rankings e as organizações que, socialmente, são postas como as únicas responsáveis pela formação de um profissional e cidadão qualificado.

Paulo: Olha, eu vou falar um negócio pra você, talvez você não acredite, mas eu durmo 4 horas e meia por dia, o resto eu fico estudando fazendo curso pra cima, pra baixo, pro lado, pro outro, é: o SENAI, a escola, instituto federal, atividade, trabalho, tudo. Então, a maioria do meu tempo é tomado por esse ambiente, mas no final de semana eu consigo te

afirmar que eu tenho uma atividadezinha por fora dessa área aí de trabalho. Eu sou meio que o técnico de áudio e vídeo na minha igreja, eu sou o que cuida do som, do slide, tudo. [...] tem a parte dos jovens da igreja, tem os cultos, tudo.

Elie: Então, o seu ambiente cultural é respirar essa questão de estudo, mas também, ao final de semana, você tem um ambiente cultural que é dado ao seu ciclo religioso. Uma coisa que me chamou atenção, que eu queria saber, por que esse foco todo no estudo, é algo seu que vem da sua natureza, é algo que foi imposto pela família ou você tem alguém que você tomou como exemplo? Como que é essa relação por querer muito, por ter essa sede de conhecimento?

Paulo: Falar pra você, mesmo no 4º ano, 4º ano do Ensino Fundamental, eu comecei ali a estudar. **Eu lembro até hoje o primeiro 10 que eu ganhei, foi numa prova de ciências lá do 4º ano. Eu nunca mais esqueci. A partir do momento em que eu consegui esse 10, eu comecei a criar um padrão pra mim mesmo. Eu sou assim, eu tenho aquela ambição de sempre querer tirar nota máxima, sempre tá ali na frente, no primeiro. Dentro dessa bolha, que fica entorno de mim, que eu preciso,** eu tirei 7, eu só aprendi 70% do que o professor me ensinou dentro da escola, eu fico meio assim... então eu já comecei a criar essa sede, essa ambição pelo estudo, e isso foi gerando uma bola de neve. Chegou ali no 8º ano, **já tava com minhas notas altas ali, notas boas, tudo legal, chegou a oportunidade de entrar no SENAI,** eu olhei assim, pensei... é sempre muito curioso, **posso falar pra você que, quando eu era pequeno, meu pai ele é engenheiro químico, ele voltava do trabalho, trazia umas máquinas antigas pra casa, tudo, aí eu pegava um martelo e uma chave de fenda lá, e ficava desmontando pra ver o que tinha dentro, então eu sempre trabalhei essa questão da curiosidade e do querer saber.** Entrei no SENAI, comecei ali, inclusive eu não tinha tanta expectativa de ser alguém mais a frente, porque o SENAI é algo difícil, daí é complicado, **e ontem eu consegui ganhar o prêmio de aluno destaque do SENAI. [...]** Também consegui ganhar a **menção honrosa aqui na escola,** tudo, tem meus cursos aí por fora, eu até ia falar pra você, acho que uns 12 por aí, umas competências

transversais, to fazendo ao longo desse ano, mas **eu tenho um foco de objetivo de um dia ser um gerente de alguma empresa, mas o que eu queria mesmo era ser dono de uma empresa, uma empresa que trabalhasse com algo novo, desde a própria Computação, algo que geraria dinheiro.**

Essa necessidade de Paulo perante os estudos foi evidente nas ações vinculadas à atividade de ensino, que será discutida na seção 7.2. Ela é quem move o ser humano em sua assimilação da realidade. Na interação com seus pares, é essencial para sua tomada de consciência como ser cultural e é o que caracteriza a sua vivência.

Para Vygotski (2010, p. 686), compreender a relação entre o indivíduo e o meio, isto é, compreender suas vivências, é identificar “de que forma ele toma consciência e concebe, de como ela se relaciona afetivamente para com certo acontecimento”. Segundo o autor, essa identificação é necessária para compreender a influência do meio no desenvolvimento da personalidade do indivíduo, como tenho discutido, principalmente, referente a vivência de Ana e Paulo.

Ainda sobre a influência do meio no desenvolvimento do indivíduo, identifiquei a importância da escola, dos referidos estudantes, para a sociedade local e como eles são influenciados por aqueles que compõe a equipe escolar. A exemplo, Paulo relatou que a motivação por estudar é decorrente de um discurso presente na fala dos professores sobre a realização de cursos – no SENAI, no instituto federal, em escolas de idioma para aprender inglês e ter experiências fora do país - e quanto a ter notas que te destaque para conseguir emprego nas melhores empresas da região, que vão até a escola obter informações sobre o histórico escolar do estudante que pleiteia a vaga de emprego.

Segundo eles, esse incentivo da equipe escolar é visto positivamente pela comunidade que está no entorno da escola. Por exemplo, Paulo recebeu estímulos: em casa, por meio das peças que seu pai levava do trabalho para ele; na escola, pela conquista de seu primeiro 10 e reconhecimentos pelo seu desempenho. Também, foi motivado pelo seu ambiente social que era constituído por pessoas que corroboravam essa cultura de estudo para se ter sucesso, conforme concepção do grupo social.

A mesma característica social do entorno escolar está presente nas vivências dos demais estudantes. Vale ressaltar que as oportunidades e outras condições objetivas são diferentes, e os que são parecidos se conectam ao indivíduo de forma diferente, por consequência da sua relação com o meio externo. Um exemplo está na percepção de Ana sobre o uso de ambientes de programação e tecnologia digital, em situações do cotidiano.

Em sua fala, Ana se refere ao que ouviu sobre a importância de se ter esse conhecimento tecnológico para que seu futuro seja promissor. Contudo, até o momento de realização da pesquisa de campo, ela não tinha conseguido ter aulas de robótica e programação. Mesmo assim, atribui importância desse conhecimento para o seu ambiente cultural, de modo tal que a motiva a buscar e sonhar com essa oportunidade. A estudante relatou que, em sua família, há primos que trabalham no ramo da tecnologia e a estimulam a seguir esse mesmo caminho. Porém, a sua percepção é que a falta de acesso a essas oportunidades a impede de avançar.

Otávio também demonstrou que há uma influência social no seu interesse pelo tema. Ele iniciou um curso, em 2019, que envolve programação de jogos digitais. Sua preocupação é investir em seu futuro, por considerar que a área do jogo digital é algo certo, isto é, que lhe dará retornos positivos, segundo suas concepções desenvolvidas, culturalmente. Paulo possui essa mesma visão referente ao futuro. Por isso, estuda para conseguir caminhar por essa trilha, como pode ser observado em sua fala, a seguir, que apresenta, para nós, um pouco mais desse seu percurso histórico-cultural de conscientização, como indivíduo.

É um tema que eu acho interessante, porque se você for olhar a reta que o mundo tá caminhando, tudo indica pra tecnologia, pra Computação, pro modernismo, pra conectividade, a descentralização do poder dentro das empresas, maquinários, essa parte da indústria 4.0. Como eu falei, eu tô fazendo SENAI, sou mecânico, e as máquinas CNC lá, e tudo mais. É desses temas, hoje, que o robô vai lá, só pega o metal bruto, coloca dentro da máquina, sai a peça, pega a peça, coloca em outro lugar e o sistema vai girando. Então, é um tema que eu acho legal, eu acho interessante porque **a sociedade tá cada vez mais caminhando pra lá. É interessante pra mim conhecer esse tema** (Paulo, 2021).

Paulo tomou para si que precisa obter um conhecimento sobre tecnologia, em detrimento do seu contexto social. Isso enfatiza o que discuti na seção 2 desta tese, quando mencionei a inserção do desenvolvimento do pensamento computacional e de softwares e recursos digitais na formação do indivíduo em seu percurso escolar, para atender uma demanda mercadológica presente na sociedade. E Paulo tem consciência, talvez não crítica, sobre essa relação entre tecnologia e sociedade, como pode ser observada no excerto apresentado, a seguir.

[...] hoje em dia o mercado de trabalho é tudo movido pelo computador, dentro da tecnologia, da conectividade, industrialização 4.0, não sei o quê. Essa questão da Matemática, a gente até viu na TV Cultura, [...], passava "Matemática Em Toda Parte", era o tema do programa lá. Matemática tá em todo lugar, na Computação principalmente, **por isso que é importante, você vai trabalhar num lugar, você tá inserido ali e a tecnologia tá em volta de você. A tecnologia envolve a Matemática, Matemática pura, é logicamente interessante você saber como aquilo funciona, se tem mais eficiência dentro do seu trabalho, resolução de problemas, por exemplo.**

Essa visão sobre a Matemática estar em tudo foi foco desse momento de obter informações acerca das vivências dos estudantes. Para os integrantes desse trio, há uma desconexão entre aquilo que se exige em termos de conhecimentos matemáticos em ações do cotidiano e aquilo que se aborda dentro do contexto escolar. Eles usaram a Matemática Financeira como exemplo, ao mencionarem ser algo que socialmente é importante e não é abordado de forma profunda, nas aulas de Matemática.

Para o materialismo histórico-dialético, o conhecimento tem como base a prática social; logo, essa concepção de que a Matemática está em tudo é antes disso um indício de que o que acontece no ambiente social é que quem se apropriou de conhecimento matemático faz leitura matemática das situações cotidianas. Por exemplo, o contexto que o estudante menciona da Matemática Financeira é uma forma de ver que em situação de ensino, a matemática se torna inacessível para a maioria dos estudantes.

Do mesmo modo, ressaltam a relação da Matemática com a tecnologia. Esta é considerada, por eles, como um ramo do futuro e veem nela a oportunidade de

alcançarem sucesso profissional – conforme preconizado como sucesso pela sociedade em seu entorno – eles relataram que se sentem despreparados para os próximos anos, pois o conhecimento que é produzido na aula de Matemática não dialoga com esse cenário, no qual estão imersos, fora do ambiente escolar.

Tais percepções culturais sobre a Computação e como ela pode proporcionar um futuro melhor ao adolescente, é decorrente, portanto, do contexto social em que eles estão inseridos e que influencia cada um deles nas suas relações com os pares. O município de Vargem possui aproximadamente 11 mil habitantes, segundo o censo aplicado pelo IBGE, em 2010, e está situada na região de Bragança Paulista, na divisa com o estado de Minas Gerais. Há um histórico que envolve produções agrícolas, mas também de empresas na região que demandam conhecimento tecnológico. Elas são vistas, pela população, como um local que pode proporcionar um futuro melhor para as famílias.

Há uma preocupação com o futuro ao assumirem a concepção de que é preciso muito esforço para se alcançar esse patamar social. Nesse contexto de reflexão, esses adolescentes tomam a consciência de que necessitam do estudo como luta social, embora a instituição escolar não atenda essa demanda, do modo que gostariam. Mas, essa visão – sobre a falta de apoio escolar – pode ser entendida sob a perspectiva de que ambos, escola e estudantes, estão com objetivos diferentes.

Ao personificar a instituição escolar, temos que, enquanto os estudantes objetivam um futuro promissor dentro do que se entende por esse termo em seu ambiente cultural, a finalidade da escola é fomentar a formação de habilidades essenciais para a constituição do cidadão, em termos de conhecimentos científicos e experiências, para uma vida em sociedade. Enquanto a motivação desse trio de estudantes está sendo a oportunidade de uma vida melhor – por meio de um emprego que lhes garantam estabilidade financeira – a motivação da escola pode ser a de oportunizar o acesso mínimo ao estudo.

Enquanto a necessidade dos estudantes seja a mudança de vida ou atender uma pressão social, a da escola pode ser cumprir o que é posto em nível estadual sobre a Educação pública com aquilo que lhes são ofertados de recursos para utilizar em suas ações, a fim de suprir essa necessidade. Ou seja, não há um diálogo entre o que motiva as transformações sociais e o que é possível na realidade escolar.

Retomo a discussão tecida na seção 2. Nela, expus uma reflexão acerca dos recursos tecnológicos presentes nas pesquisas brasileiras na área da Educação Matemática. Além disso, fiz referência ao como esse cenário destoa do cenário internacional de pesquisas e, principalmente, como desafina do que é consumido e vivido culturalmente, referente aos recursos e avanços computacionais por grupos da sociedade.

O distanciamento entre as motivações, objetivos e necessidades dos estudantes e da escola é, portanto, produto de um processo histórico. Os estímulos que eles recebem pelos professores e familiares é resultado de uma vivência histórica e cultural. Noto que há uma cultura da Computação, presente nas relações sociais dos estudantes. Existe uma disseminação dessa cultura, como relatado, mas não é fomentado no contexto escolar, de modo a apoiar os estudantes para que suas atividades, como indivíduos, sejam potencializadas.

Paulo e Otávio trouxeram essa reflexão, ao apontar que sentem falta de algo que desenvolva o raciocínio lógico, o que, para eles, é decorrente do avanço tecnológico, como eles citaram anteriormente. Otávio pontuou que, em seu curso sobre criação de jogos digitais, ele conseguiu assimilar conceitos matemáticos e que, no espaço escolar, não teve a mesma compreensão. Acrescenta que, por meio desse curso, ele conseguiu desenvolver uma expertise de criar estratégias para resolver qualquer tipo de problema.

Paulo trouxe suas experiências com essa cultura da Computação como algo positivo. Mas, ao mesmo tempo, causa-lhe uma visão de que seus colegas poderiam, também, vivenciá-las para se desenvolverem tão quanto ele. Um pouco desse sentimento foi relatado no excerto, a seguir, que, apesar de ser longo, é necessária sua apresentação para compreender o momento de sua fala.

Tem esse probleminha lá de trás, lá que tem um problema. Mas, pra melhorar mesmo, eu acho que a escola tinha que ser um pouquinho mais humilde, falar pro professor: olha, tem esse conteúdo aqui. Eu sou aluno, eu sei que a gente não gosta, mas se o professor entrasse com calma, explicar o exercício, mesmo que demorasse mais tempo... **poderia trabalhar a questão da lição de casa ser algo simples e com termos e exemplos que faça sentido pra nós ou que nos ajude com as coisas lá de fora. No curso que faço aprendi muitas palavras dessa área que fazem sentido até pra me ajudar com as lições da escola. [...]** O

professor tem que ter muita paciência, talvez pudesse ter uma pequenina redução na velocidade do ensino, porque tem um monte de conta na sua cabeça, teorema de Pitágoras, teorema de Tales, potenciação, plano cartesiano, vamos lá vai, ensina, o professor mostra por cima, o aluno entende ali embaixo, e não dá certo, **tinha que diminuir um pouquinho essa velocidade de ensino e ser mais real. [...] Computação, por exemplo, seria algo legal, como eu falei, a tecnologia tá avançando, sempre andando muito bem, tem essa questão, como eu posso dizer, da programação mesmo, tem muita gente na sala que gostaria de aprender sobre computação, meu amigo, Bento, por exemplo, gostaria de aprender sobre isso, até ter por exemplo, [...] questão de internet, slots, velocidade de internet, questão de banda larga, coisas do tipo, o que é um byte, o que é gigabyte, bit, e por aí vai. Seria legal isso dentro da escola porque é sobre isso que conversamos fora da escola, respondendo a sua pergunta anterior** (Paulo, 2021).

Ana e Otávio corroboram com Paulo. Otávio justifica o não interesse por estudar em sua casa, no período da manhã, devido à questão elencada, por Paulo, de não vislumbrar a relação com o seu cotidiano e aquilo que ele precisará, de fato, para seu futuro. Ao perceber que estudar somente no período escolar é suficiente para obter notas que são consideradas excelentes, ele utiliza o período da manhã para se desenvolver em outras áreas e fazer o que gosta, como o jogar.

Ana apresentou outra reação perante a fala de Paulo. A estudante trouxe uma preocupação por não ter as mesmas oportunidades que Paulo. Por isso, tenta estudar as questões de tecnologia com seus primos, que a ensinam aspectos culturais da Computação necessários ao seu dia a dia.

Há, nesses estudantes, uma transformação das funções naturais em funções culturais, regidas pelos signos e instrumentos da cultura da Computação, que o próprio ser humano desenvolveu e constituiu em seu percurso histórico. Contudo, existe divergência com aquilo que é possível estabelecer no ambiente escolar.

Como dito nas seções 2 e 3, não defendo que o pensamento computacional se vincule ao uso de máquinas, mas à apropriação da cultura da Computação, bem como seus signos e modo de lidar com situações. Foi um pouco disso que Paulo e Otávio trouxeram, em seus momentos de fala. Mais uma vez, retomo o preconizado

por Barr e Stephenson (2011), que há uma necessidade de professores incorporarem em suas práticas pedagógicas alguns termos e ações doravante dessa área do conhecimento, para que os estudantes possam, aos poucos, assimilar e aprender a regular suas ações dentro e fora do ambiente escolar.

Tendo como base o que foi descrito e analisado até o momento, vejo a orientação de Barr e Stephenson (2011) como meio de aproximar as motivações e objetivos de estudantes e escola. Trata-se de um modo de orientar, consciente e criticamente, essas transformações culturais. Também, é uma forma de possibilitar que o desenvolvimento de estudantes, no ambiente escolar, por meio de signos que estão presentes na relação deles com o contexto externo à escola. Na unidade de análise 2, apresento uma sugestão de como isso pode ser incorporado às ações dos professores.

No trio 2, Carol e Carlos se conheciam de anos anteriores em que estudaram juntos desde o 6º ano do Ensino Fundamental. Julia morava em Recife e conheceu os colegas e o município naquele ano letivo de 2021. Por isso, Júlia apresentou vivências diferentes dos colegas.

Carlos e Carol partiram do princípio de que a escola tem o objetivo de prepará-los para uma vida de sucesso, na perspectiva de entendimento presente no ambiente cultural ao qual eles estão inseridos. No entanto, eles possuem a percepção que isso não ocorre como deveria ser, mas diferente do trio 1, aceitam essa situação.

Essa percepção vem da interação com outros colegas, incluindo os estudantes do trio 1. Carol entende que há pessoas com mais condições de aprender que outras, na sala de aula. Cita Paulo como alguém que sabe mais. Ela pontuou que não se sente motivada em se aprofundar nos temas apresentados nas aulas, por não vislumbrar uma relação com o seu mundo externo à escola. Para ela e Carlos, o básico que aprenderam é suficiente para o estágio atual que se encontram, mas não percebem relação com o que a sociedade espera deles, como futuro.

O retorno aos trechos das falas, na interação com Paulo, mostra que a perspectiva de Carol, que é corroborada por Carlos, realmente Paulo evidencia saber mais, devido às condições objetivas que ele recebe e ações que ele realiza para além da sala de aula. É nessas oportunidades que eles conectam o aprendido com o preconizado no ambiente cultural deles, bem como lhes permite suas conexões com momento vividos, no ambiente escolar, como ele mesmo pontuou.

Paulo tem consciência da falta de um diálogo entre aquilo que faz parte do convívio deles, externo à escola, no que diz respeito aos termos e ações que realizam. Diferentemente, Carol demonstrou não ter clareza sobre esse aspecto, como o colega. Mas, percebe não haver uma comunicação direta entre aquilo que se tem de vivência em contexto de aula com o que se vive fora da escola. Tais percepções são referentes às transformações culturais que ocorrem, decorrente das alterações causadas pelo próprio homem em seu ambiente, por meio de suas relações.

Julia vem de outra realidade e discorda de Carol e Carlos. A estudante vislumbra estar mais motivada a estudar na escola atual do que na anterior. A estudante considera que tem mais possibilidade para o futuro, pelo que vivencia no novo ambiente escolar e, principalmente, na comunidade local, em que ela percebe que a ação incentivava, aos adolescentes, para estudar e buscar adquirir novos conhecimentos. Aqui podemos observar a ideia de desenvolvimento e seus diferentes níveis/estágios.

Essa ação da sociedade foi elencada pelo trio 1 de estudantes, mas o olhar de Julia para essa relação é diferente. Afinal, ela vivenciou outras experiências não tão positivas, como a falta de incentivo aos estudos, perspectiva de acesso a recursos tecnológicos avançados, possibilidade para continuar os estudos após o Ensino Médio, entre outros. Por consequência, da interação na nova comunidade motiva-lhe o repensar seu futuro. Ela atribui à escola um papel importante para sua formação, o que difere de Carol e Carlos que estão imersos nessa comunidade. Eles não se sentem motivados por reconhecerem que não há uma aproximação entre o que é dado como importante fora e o que é apresentado dentro da escola.

A importância, que Julia atribui à escola, decorre das interações com outros adolescentes, o que a motiva e a faz idealizar um futuro diferente daquele a qual ela era estimulada a ter, ressaltando. Assim como o trio 1, Julia compartilha a importância que tem o convívio escolar para eles. Nesse sentido, parece que os motivos e objetivos de Julia se aproximam dos motivos e objetivos da escola. No entanto, considero que, em certo momento, tal inspiração e possibilidade se distanciarão quando ela tomar consciência de quais são as motivações dos colegas e de que a escola não acompanha e nem consegue apoiá-la. Vale esclarecer que isso só acontecerá caso se mantenha com os mesmos objetivos iniciais, frente aos

estímulos que ela passará a receber da comunidade que está no entorno escolar, como ocorre com Ana, por exemplo.

No entanto, o encontro realizado com eles, deu-me a percepção de que Carol e Carlos estão passivos à essa realidade, isto é, conformados com ideia de que o futuro, preconizado fora do ambiente escolar, não é para todos e eles precisarão seguir outro rumo em suas vidas. Questionados sobre esse sentimento, ambos pontuaram que a escola não possibilita ações que envolvem as habilidades que eles ouvem dizer como necessárias para o mercado de trabalho, na região, em empresas de tecnologia. Eles citam, principalmente, a região de Bragança Paulista/SP. Acrescentam que não possuem condições para fazerem cursos de informática e tecnologia.

Diferente de Ana, que se esforça ao máximo não se limitar ao seu contexto, Carlos e Carol aceitam a situação, como dito anteriormente. Ambos se compararam a colegas de turma e adicionam à questão econômica, o baixo rendimento em aulas de Matemática, como demonstram as suas notas, que não atendem aos parâmetros valorizados pelos professores e pela sociedade.

Temos aqui uma visão oposta ao que foi traçado anteriormente. As condições objetivas que motivou Paulo é o mesmo que desmotiva Carol e Carlos. Ao receberem a mesma condição objetiva, Paulo teve um histórico e relações que permitiu seu avanço dentro do que é projetado como necessário pela sociedade local. Contrariamente, Carol e Carlos não tiveram um histórico que criasse condições para que, atualmente, buscassem o alcance desse avanço.

Para as famílias de Carlos e Carol, a escola faz muito, por eles, por permitir que tenham acesso a uma Educação, considerada, por elas, de qualidade. Mas, ambos possuem a consciência de que precisam de algo mais para conseguirem avançar, de acordo com as transformações sociais provocadas pela tecnologia, como pode ser observado na fala de Carol, a seguir.

A informática está no mundo inteiro. **Hoje, se você não sabe informática, você é uma pessoa desconhecida.** Não é só ter um celular, ver vídeo, gravar vídeo no TikTok, fazer pesquisa no Google, **é mais que isso.** Mas nós não temos isso. O que temos é a aula normal de Matemática, História, Geografia... (Carol, 2021).

Carol e Carlos revelam a expectativa de acesso a esse conhecimento por meio de ações realizadas dentro da escola, por ser um local de direito a todos, como defendeu Carlos. O estudante se mostrou desapontado ao perceber que isso não ocorre, como pode ser observado no excerto, a seguir.

Eu acho totalmente errado. O professor disse que as empresas contratam quem tem essas habilidades, não de montar um computador, mas de resolver problemas, de... como ele diz...não lembro a palavra, mas ele quer dizer que não é para resolver chutando, você tem que planejar, criar estratégia, acho que é essa a palavra. **Tem que ter estratégia e fazer rápido.** Eu faço isso no jogo com meus amigos lá, tem muita coisa da Computação. Mas aqui na escola não tem isso. Eu teria que pagar mil e duzentos reais pra isso, mas é errado. Pra que pagar se eu tenho direito a estar aqui? Mas ficam me ensinando umas contas difíceis que eu não vou usar. **O professor disse que não é isso que as empresas de Bragança procuram em nós** (Carlos, 2021).

Nesse cenário, volto a corroborar Ribeiro et. al. (2019) sobre a necessidade de vislumbrarmos ações que forneçam, a todos, o contato com aspectos da Computação, no percurso escolar. Minha afirmação se justifica por considerar que esses aspectos estão presentes na realidade objetiva do indivíduo por meio de jogos, celular etc. Esses aspectos estão vinculados àquilo que é essencial dessa área do conhecimento. Ainda, por permitir que o indivíduo se desenvolva de modo a interagir criticamente com as construções humanas e otimizar seus processos de resolução de problemas, independentemente de usar ou não uma máquina.

Brackmann (2017) apontou a Computação Desplugada, discutida na seção 2, como um caminho para a potencialização dessa formação. Nesta tese, concebo o desenvolvimento do pensamento computacional como um meio para que isso ocorra. Levo em consideração que os signos culturais da Computação estão presentes no contexto social do indivíduo, bem como as orientações indicadas por Bars e Stephenson (2011), elencadas em seções anteriores.

É notória, com o exposto, a influência que o ambiente escolar e o seu entorno corrobora com as visões dos estudantes acerca do ato de estudar e da instituição escolar. Seus movimentos são regulados por aquilo que os seus pares defendem como ideal no viver em sociedade em termos de desenvolvimento, sempre

influenciados pelas motivações sociais. Ou seja, aquilo que é caracterizado qualitativamente bom, como o estudar para melhorar a qualidade de vida, realizar cursos extras, iniciar uma trajetória em espaços que visam fomentar a formação de habilidades tecnicistas e voltadas ao mercado de trabalho. Sem esquecer do avanço tecnológico que também modela o modo de pensar e agir.

7.2 Unidade de Análise 2: ação e comunicação

Nesta subseção discutirei os dados produzidos, durante o desenvolvimento das tarefas de ensino, que visaram à formação das ações mentais pertinentes ao conceito polígono regular, tendo como plano de fundo o fomento do desenvolvimento do pensamento computacional dos estudantes.

Um momento importante para a teoria de Galperin (1986; 1989) referente à atividade de ensino e de aprendizagem é a motivação. Galperin (1989) dirigiu uma crítica ao modelo de organização de ensino tradicional, por não considerar a motivação do estudante em todo o percurso. Como mencionado na seção 4 desta tese, a base orientadora da ação se mantém preservada durante a atividade de ensino, pois trata-se de um modelo operativo racional e externo ao sujeito. Mas, as orientações do próprio sujeito se alteram de acordo com as ações que são desenvolvidas e as suas motivações.

Início a discussão desta subseção, com foco na motivação inicial dos estudantes. Como pode ser observado na subseção 7.1, os estímulos que os estudantes recebem de seu meio cultural são vinculados às transformações culturais, decorrentes do avanço tecnológico produzido pelo próprio homem. No entanto, esses estímulos causaram sentidos diferentes para cada um deles.

Esses momentos fizeram com que eles tomassem consciência de que há um certo distanciamento entre aquilo que se oferta como ação formativa na escola e o que se espera e é exigido fora dela. Paulo, Ana e Otávio buscaram esse tal conhecimento para além das aulas escolares, Júlia estava em uma fase de compreensão da sociedade ao seu redor e buscava desenvolver-se por meio da relação com os pares. Carol e Carlos receberam esse estímulo de forma negativa, por não se verem em uma perspectiva educacional que atenderá esse incentivo cultural que eles recebem constantemente.

Fato é que todos, exceto Julia, pontuaram a expectativa de terem, no ambiente escolar, ações vinculadas à transformação cultural. Portanto, viram nessa pesquisa de campo, a oportunidade de ampliarem o horizonte. Eles aprenderam e conheceram novos instrumentos e nova forma de estar em atividade de estudo, por meio de ações que remetem ao funcionamento e à cultura presente na Computação. Dada às suas vivências, essa foi a motivação inicial que estava presente, no início do desenvolvimento das tarefas de ensino.

Antes de iniciarmos o desenvolvimento das tarefas de ensino, pedi para eles escreverem o significado de 19 palavras (Apêndice E) e no Quadro 4, a seguir. Seguindo a orientação de León (2009; 2018), essas palavras são signos que poderiam ser utilizados, durante todo o processo de formação da ação mental. No Quadro 4, é possível observar os significados que cada estudante atribuiu a elas, bem como aquelas que eles não souberam colocar nenhuma definição.

Quadro 4. Significados de palavras vinculadas ao conceito polígono regular

PALAVRA	ANA	OTÁVIO	PAULO	CARLOS	CAROL	JULIA
Polígono	Uma conta	Um lado de um quadrado	Figura geométrica	Não sei	Não lembro o que é	Não sei
Polígono Regular	Uma conta	Não respondeu	Figura geométrica perfeita	Não sei	Não lembro o que é	Não sei
Mosaico	Aquelas figuras que você usa para formar um desenho	Não respondeu	Várias figuras juntas	Uma arte	Um tipo de arte	Não sei
Hexágono	É uma forma	Não respondeu	Figura geométrica de 6 lados	Não sei	Forma geométrica	Uma coisa com 6 ou 7 lados
Octógono	Não sei	Não respondeu	Figura geométrica	Não sei	Forma geométrica de 8 lados	Uma coisa com oito lados
Ladrilhamento	Calçadas	Vários quadrados juntos	Ladrilhos	Um tipo de trilha	Não lembro o que é	Não sei
Quadrado	Uma forma geométrica com 6 lados	Forma geométrica com 6 lados	Figura geométrica perfeita de 4 lados	Quatro lados iguais	Forma geométrica de 4 lados em forma de cubo	Uma coisa com quatro lados iguais

Triângulo	Forma geométrica com 3 lados	Forma geométrica que possui uma pirâmide com 4 lados	Figura geométrica de 3 lados	Três lados iguais	Forma geométrica de 3 lados em forma de pirâmide	Uma coisa com três lados iguais
Triângulo Equilátero	Não sei	Não respondeu	Um tipo de triângulo	Não sei	Já ouvi falar, mas não lembro o que é	Não sei
Pentágono	Uma forma geométrica	Forma geométrica com 8 lados	Local do governo militar dos EUA	Não sei, um tipo de relógio	Não lembro o que é	Uma coisa com 9 lados
Ângulo	Forma que você deve colocar caso tenha um ângulo de um objeto	Medida de um lado	Figura geométrica redonda com medida	Medida	Não lembro	Uma coisa reta
Ângulo Suplementar	Não sei	Não respondeu	Não sei	Não sei	Não lembro	Não sei
Ângulo Complementar	Não sei	Não respondeu	Não sei	Ângulo com algo a mais	Não lembro	Não sei
Ângulo Interno	É o ângulo que está dentro do objeto	Ângulo de dentro de alguma coisa	Bolinha que fica dentro de uma figura geométrica	Não sei	Não lembro	Os ângulos que ficam dentro
Ângulo Externo	A medida de fora	Ângulo de fora	Bolinha que fica fora de uma figura geométrica	Não sei	Não lembro	Os ângulos que ficam fora
Segmento	Não sei	Pontos de uma forma geométrica	Lado de uma figura geométrica	Algo a mais, continuação	Não lembro	Não lembro
Vértice	Não sei	Linha que junta dois pontos de uma forma geométrica	Pontos que unem os lados de uma figura geométrica	Não sei	Não lembro	Não sei
Medida	Largura ou comprimento do objeto	Tamanho de um vértice	Valor de algo	Medida de metros	Depende do tipo da medida, as vezes ela pode ser usada como medição. Para medir algo, ou ela pode ser a medida de alguma solução.	Não lembro

Congruente	Não sei	Não respondeu	Iguais	Não sei	Não sei o que é	Não sei
------------	---------	---------------	--------	---------	-----------------	---------

Fonte: elaborado pelo autor

No Quadro 4, é possível observar uma defasagem quanto às definições desses conceitos científicos. Em 2021, estávamos vivendo o segundo ano intenso de pandemia causada pela COVID-19, que levou os responsáveis pela Educação formal de crianças e adolescentes a repensar o modo pelo qual ela seria desenvolvida. Um desses modos foi a aula por meio de encontros assíncronos, via Centro de Mídias da Educação de São Paulo (CMSP), e encontros síncronos, por meio de plataformas digitais, como Google Meet, Teams, Zoom, entre outros.

Essa ação trouxe perdas para a formação conceitual de todos, principalmente, para quem tinha pouco acesso a tais recursos ou, ainda que, em meio a uma situação de obrigatoriedade de isolamento social, teve que trabalhar a fim de aumentar a renda para o sustento familiar. Por consequência, deixaram o estudo e a sua formação como segundo plano por uma questão de sobrevivência.

As circunstâncias pouco alentadoras atingiram mais de 200 mil professores e 3,5 milhões de estudantes (BORBA, 2021). Por decorrência, defrontou-se com professores sobrecarregados, pela demanda de lidar com estudantes 24 horas por dia, durante os 7 dias da semana, muitos deles sem condições de adquirir material adequado para esse cenário digital. A maioria colocada em processo de aprendizagem e a usar, pedagogicamente, esse tipo de tecnologia, para além do uso de softwares. Tudo isso era comum naquele momento drástico, pois eles não dispunham de tempo de maturação e reflexão. Enfim, professores e gestores educacionais não conseguiram acompanhar com eficácia os estudantes (BORBA, 2021), apesar de todos os seus esforços e lutas diárias, como também os estudantes e famílias.

Uma das consequências desse cenário está apresentada no Quadro 4. Se analisarmos com atenção, os estudantes, participantes desta pesquisa cursavam a 1ª série do Ensino Médio, em 2021. Ou seja, estiveram de forma síncrona presencial, no espaço físico chamado escola, até o 8º ano do Ensino Fundamental, em 2019. A finalização do Ensino Fundamental e o início do Ensino Médio foi marcada por esse cenário, mudança de escola, novos professores, novos colegas, entre outros elencados na seção 7.1.

Apesar de a BNCC preconizar que os conceitos abordados no Quadro 4 são ensinados até o 8º ano do Ensino Fundamental, pesquisas como a de Pavanello (1993), Almouloud *et. al.* (2004) e Morelatti e Souza (2006), evidenciam um certo esquecimento dos conceitos geométricos, pelo professor em sua prática pedagógica, no momento do planejamento anual. Há, também, falta de preocupação em relacionar tais conceitos com outras áreas da Matemática, o que leva o seu aprendizado a um enfraquecimento, dada a falta de percepção em situações do dia a dia.

Essa situação foi agravada com o cenário pandêmico. Como forma de minimizá-la, a Secretaria da Educação do Governo do Estado de São Paulo elaborou a matriz de habilidades essenciais do Currículo Paulista, em 2020. Trata-se de uma orientação, aos professores e gestores escolares das escolas da rede estadual, acerca de quais habilidades e objetos de conhecimento da Matemática deveriam ser priorizados no ano letivo 2021 e 2022. Com isso, diminuiria o prejuízo pedagógico advindo do contexto.

No ano letivo 2021, mesmo sendo uma habilidade do 7º ano do Ensino Fundamental, a habilidade EF07MA27 estava presente na lista de habilidades essenciais da 1ª série do Ensino Médio, enunciada por: “calcular medidas de ângulos internos de polígonos regulares, sem o uso de fórmulas, e estabelecer relações entre ângulos internos e externos de polígonos, preferencialmente vinculadas à construção de mosaicos e de ladrilhamento” (SÃO PAULO, 2021, p. 2). A presença dessa habilidade, do sétimo ano do Ensino Fundamental, na matriz da 1ª série do Ensino Médio, reforça a visão de um ensino de Geometria defasado e/ou que não provoca estímulos geradores de aprendizagem de conceitos científicos.

Ao conversar com o coordenador pedagógico da escola, onde ocorreu a produção dos dados, ele relatou que a professora desenvolveu o ensino dos referidos conceitos com os estudantes, durante o ano letivo, mas que houve muitas dificuldades. Por esse motivo, optei por abordar esse tema e acrescentar as palavras correspondentes, na tarefa, que visou elencar os significados iniciais que eles possuíam referente àqueles conceitos.

Em 2022, na matriz do Currículo Paulista, essa habilidade foi substituída pela EM13MAT505, em que o foco é envolver: os polígonos regulares e suas características, pavimentações no plano e linguagem algébrica. É ela:

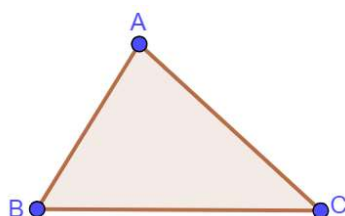
resolver problemas sobre ladrilhamento do plano, com ou sem apoio de aplicativos de geometria dinâmica, para conjecturar a respeito dos tipos ou composição de polígonos que podem ser utilizados em ladrilhamento, generalizando padrões observados (SÃO PAULO, 2022, p. 2).

Estabelecido o conceito, propus uma tarefa de ensino a fim de identificar os conhecimentos prévios deles, referentes ao tema polígonos regulares (Apêndice F). Apresento apenas alguns relatos de resoluções que considero importantes para a discussão. Paulo foi o único estudante que não realizou essa tarefa, pois não estava com os colegas na unidade escolar.

A primeira questão apresentava quatro polígonos. Por meio da observação, eles tinham que indicar a quantidade de lados e o nome do polígono. Carol identificou que o polígono do item da questão 1, que pode ser observado na Figura 2, era um triângulo retângulo e trouxe as suas experiências anteriores para justificar, conforme excerto, a seguir.

A gente fez um trabalho em Matemática sobre triângulo retângulo e tinha esse triângulo, tinha essa forma, sabe? Aí eu acredito que seja isso (Carol, 2021).

Figura 2 – Triângulo ABC presente no item a da questão 1 do Apêndice F



Fonte: elaborado pelo autor

No excerto da fala de Carol, observo que ela não possui o conceito triângulo e triângulo retângulo formado. A sua fala mostra que o termo caracteriza que seu pensamento conceitual ainda é pertinente ao nível de complexo em cadeia. As conexões que ela fez, conforme sua fala, indica que alguns dos atributos do termo se converteu em imagem e foi utilizado para associar novos elementos.

Na interação com os colegas, essas associações foram evidenciadas nas explicações que Carol traçou sobre o que é triângulo retângulo. Ela não explanou características e propriedades das relações essenciais do conceito, mas apenas estabeleceu conexões, conforme as orientações dos colegas, por meio da fala. A

seguir, apresento um trecho do diálogo com Carol sobre a figura apresentada e a nomeação de triângulo retângulo.

Carol: **Esse triângulo geralmente tem aquele corte no meio** que ela [Julia] falou, aí tem aquele [ela faz o símbolo do ângulo reto com as mãos] ... ângulo?

Elie: E que tipo de ângulo é esse?

Carol: **Geralmente** é 90° .

Elie: E olhando a imagem, tem esse ângulo de 90° aqui? Tem esse corte que ela [me referindo a Julia] falou?

Carol: É que **ele lembra a forma**.

Elie: Do triângulo retângulo?

Carol: É! Porque geralmente ele é nesse formato, tem o risco e o desenho

Elie: Mas se ele não tem o risco, ele lembra a forma?

[silêncio]

O corte no meio e o risco que Carol e eu mencionamos, respectivamente, é um dos catetos do triângulo retângulo, que foi dito por Julia como componente de todo triângulo retângulo. Sua fala sobre, geralmente, ser 90° a medida do ângulo reto é outro indício de que tal conceito é um complexo e não o conceito genuíno. E ainda, ela indica que a forma lembra o triângulo retângulo visto em aula. Logo, há uma ação anterior a qual adota como referência para formar sua concepção enraizada, com indícios de que não foi revisada para que dela se desprendesse rumo à formação do verdadeiro conceito.

Carlos também demonstrou não ter esse conceito formado, como podemos observar no excerto, a seguir.

Eu coloquei que é um triângulo porque **tem a forma de um triângulo**. [...]

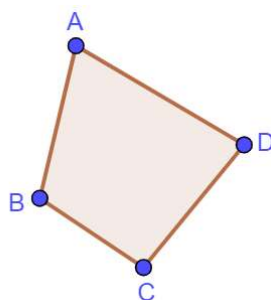
Três lados retos, triângulo. Deduzi isso (Carlos, 2021).

A resposta de Carlos traz uma característica da representação desse conceito: os três lados. Mas atribuiu, aos segmentos, uma característica que é peculiar à classificação de ângulo reto, dado sua medida de 90° , o que não ocorre no triângulo da Figura 2. Nesse caso, há a possibilidade de Carlos não ter abstraído a palavra triângulo de forma completa. Ou seja, usa um único atributo do objeto, o que caracteriza que se trata de um conceito potencial, pois, em “primeiro lugar, por

sua *atribuição prática a um determinado repertório de objetos* e, em segundo lugar, pelo processo de *abstração discriminante* que lhes servem de base” (VYGOTSKI, 2014 – Tomo II, p. 167-168, tradução nossa, grifo do autor).

No item b da questão 1, havia a representação de um quadrilátero, como pode ser observado na Figura 3. Otávio foi o único estudante a responder o nome desse polígono, chamando-o de quadrado. Inicialmente, ele pontuou, assim como os demais, que não sabia o nome da figura, mas em seguida mencionou que poderia ser um quadrado por ter quatro lados, embora a imagem não aparentasse, para os demais e o pesquisador, a referida figura geométrica.

Figura 3 – Quadrilátero ABCD presente no item b da questão 1 do Apêndice F



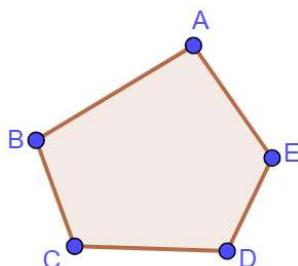
Fonte: elaborado pelo autor

A fala de Otávio demonstrou que de fato não formou o conceito de quadrilátero, o que ocorre com os demais. Todos indicaram a quantidade de lados, mas, nem em termos visuais e de significado da palavra, não houve demonstração do conceito. Mas, Otávio, ao nomeá-lo de quadrado, demonstra a compreensão de que um dos atributos de todo quadrilátero é: ter quatro lados que se unem compondo uma figura fechada.

No entanto, sua nomeação evidencia que, tanto o conceito quadrilátero como de quadrado, ainda é um complexo em formação. Posto isso, esse polígono também passou a ser considerado nas tarefas de ensino que se sucederam.

No item c da questão 1, havia a representação de um pentágono (Figura 4). Novamente, somente Otávio atribuiu um nome à figura. No entanto, teve dúvida se era um pentágono ou um hexágono. Mas, na sequência do diálogo, a fim de obter a origem da ideia de ser pentágono ou hexágono, ele considerou a quantidade de ângulos, o que aponta um pensamento caracterizado por Pseudoconceito.

Figura 4 – Pentágono ABCDE presente no item c da questão 1 do Apêndice F



Fonte: elaborado pelo autor

Um pseudoconceito se caracteriza por aparentar externamente a generalização do conceito, com base no seu resultado. No entanto, o que o gerou não foram os atributos abstratos do conceito, mas um pensamento em complexo (Vygotski, 2014 – Tomo II). Isso se deve ao fato de a palavra “pentágono” aparentar externamente a generalização do conceito, mas quando proponho o aprofundamento e identificação da origem dessa afirmação, o estudante se deteve na quantidade de ângulos. Nesse caso, demonstra que ele não recorreu a atributos abstratos do conceito pentágono, pois ao pensar nos ângulos, a nomeação teria que ser convexo ou côncavo. Os atributos que definem o pentágono é a quantidade de segmentos de reta que define seus lados.

Otávio também apresentou uma dificuldade sobre o que é figura geométrica, conforme o diálogo, a seguir.

Otávio: **Não forma em si uma figura geométrica**, mas tem um nome certo, eu só não lembro agora.

Elie: Enfim, você falou que não forma uma figura geométrica. Por que não forma uma figura geométrica? Ou melhor, o que é uma figura geométrica?

Otávio: Ah, é que, na minha opinião, uma **figura geométrica tem a forma certa dela, que é tudo no ângulo certo, tudo retinho**, e ali não, pelo menos o A ali tá fora.

Elie: Entendi, ah entendi, porque ele não está no centro, né?

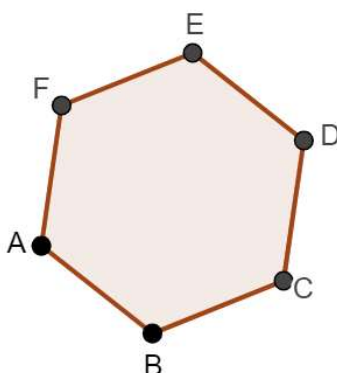
Otávio: É. Ele não está centralizado.

No diálogo, percebe-se uma confusão entre figura geométrica e polígono regular. Ao definir os conceitos – quadrado, triângulo, pentágono e polígono regular, presente no Quadro 4 – eles emitiram respostas diferentes a respeito do que é apresentado como dados obtidos no levantamento do conhecimento prévios deles.

Essa situação pode estar sendo causada pela compreensão de que os signos estejam no campo da significância. Portanto, está na esfera daquilo que é perceptível no campo material, em vez da esfera do significado, isto é, abstração. Identificada essa situação, a discussão foi retomada com os estudantes, no momento de formação da BOA, referente a polígonos regulares. Isso apresentarei mais adiante, quando da análise dos dados referente à etapa da formação das ações mentais, na tentativa de promover neles o sentido, que fará o elo entre significado e significância.

No item d da questão 1, havia a representação de um hexágono (Figura 5). Carlos nomeou a figura de quadriláteros e não respondeu ao item b que, de fato, indicava um quadrilátero, Há, pois evidência de que seu pensamento está em nível de conceito em complexo por coleções. Significa, então, que Carlos se fundamenta em uma experiência visual, ao reunir características dos objetos quadriláteros e hexágonos, similar ao que, Vygotski (2014 – Tomo II), denomina de princípio de complementariedade funcional.

Figura 5 – Hexágono ABCDEF constituinte do item d da questão 1 do Apêndice F



Fonte: elaborado pelo autor

Para Carlos, o fato de a imagem representar um polígono – que remete a segmentos e ângulos congruentes – permite considerá-lo como um quadrilátero. Isso

levanta outra dúvida: ao dizer quadrilátero, ele realmente pensava em um quadrilátero qualquer ou em um quadrado?

Carol nomeou a figura de hexágono e justificou que ele tem seis lados. Ela apenas não escreveu a palavra correta, pois usou o termo “sexságono”, mas sua explicação sobre o termo remeteu a um hexágono, mesmo que na tarefa do Quadro 4, ela tenha respondido não saber o que é um hexágono. Essa situação reforça a discussão anterior sobre a compreensão do signo em termos de abstração da palavra e de sua materialização.

Por sua vez, Otávio nomeou de hexágono, com a escrita correta, mas ao aprofundar, ele mencionou, mais uma vez, que a origem dessa nomeação se deu pela quantidade de ângulos da figura. Portanto, caracteriza, novamente, que se trata de um Pseudoconceito, como dito na análise e discussão do item c da mesma questão.

A questão 2 desta tarefa de ensino – que visava mobilizar e identificar os conhecimentos prévios dos estudantes (Apêndice F) – consta na Prova Diagnóstica SP – 8º ano, desenvolvida pela Secretaria Municipal de Educação (SME) do município de São Paulo, no ano de 2021. O enunciado envolvia uma contextualização com base nos ringues de UFC, com formato de um octógono regular, cujos lados medem 4m. Eles teriam que identificar como um polígono regular e calcular o perímetro do ringue.

Todos os estudantes identificaram qual era o polígono regular, mesmo que no Quadro 4 apenas Júlia e Carol tenha atribuído significado ao signo octógono. A identificação dos demais, ao observar a imagem que é perceptível no campo material, reforça a discussão de que, provavelmente, esses signos não façam sentido para eles. Assim sendo, confirma o que Morelatti e Sousa (2006) preconizaram acerca do ensino de Geometria na Educação Básica.

Carlos e Julia não atentaram para a medida de 4m do lado do octógono regular. Em vez disso, consideraram 1m, o que resulta em 8m de perímetro. Carol, por sua vez, obteve como resultado o número 32, que é a medida correta do perímetro de um octógono regular, cujo lado mede 4m. Em sua resolução, ela efetuou a multiplicação de 4 por 8, obtendo 32.

A priori, essa ação poderia indicar que ela compreendeu que o polígono tem 8 lados e como cada lado mede 4m, o perímetro poderia ser obtido por 8 vezes 4. Porém, como preconizado por Vygotski (2014 – Tomo II e Tomo VI), no estudo do

desenvolvimento psicológico do indivíduo, é preciso promover as contradições e investigar a raiz do fenômeno e não a sua aparência superficial.

Aparentemente, Carol parecia estar com o conceito perímetro formado. Mas, ao confrontá-la com outra medida para o lado do octógono, ela não conseguiu obter o valor correto do perímetro. No diálogo, a estudante evidenciou outro processo psicológico desenvolvido para obter a solução da questão. Ela considerou 4 ringues de 8 lados, portanto, desconsiderou a informação referente à medida do lado do polígono.

Ela diz que adotou a mesma lógica envolvida em um exercício feito em sala de aula e, desse modo, daria certo com essa questão. Tal procedimento evidencia que o conceito perímetro ainda é em nível de complexo, para a estudante. A priori, um complexo em coleções, marcado pela criação de coleções de objetos concretos, segundo um determinado atributo (o que ela identificou em comum entre as duas questões), que ao final, se complementaram dentro de um determinado agrupamento.

Otávio também evidenciou que, para ele, perímetro ainda não é um verdadeiro conceito. No diálogo descrito, a seguir, é possível observar que, assim como Carol, aparentemente o estudante chegou ao valor 32. Porém, ao buscar identificar as raízes psicológicas desse desenvolvimento, ele evidenciou um caminho incorreto, pois considerou o perímetro como sendo a área do polígono.

Otávio: Eu botei A porque eu tava pensando, ali tem 8 lados, eu acho, e cada um mede 4, então 4 vezes 8 é igual a 32.

Elie: Tá! Mas por que 4 vezes 8? **Ele está pedindo perímetro, o que é perímetro?**

Otávio: **É a área né? De tudo aí.**

Elie: É você que está me dizendo.

Otávio: É!

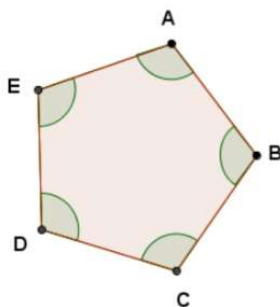
Elie: Tá! E aí?

Otávio: **E aí são 8 lados, e ali embaixo representa a média em 4 cada uma, então eu fiz 8 vezes 4, deu 32, aí eu fui na A.**

Por meio do resultado dessa tarefa, considerei o conceito ângulo nas seguintes para a sua formação na estrutura cognitiva deles. Esse conceito também

foi abordado na questão 3 da tarefa inicial (Apêndice F). Para resolvê-la, eles teriam que calcular a medida dos ângulos internos de um pentágono regular (Figura 6).

Figura 6 – Pentágono regular presente na questão 3 do Apêndice F



Fonte: elaborado pelo autor

O trio 2 (Carol, Carlos e Julia) concluiu que a medida de cada ângulo seria 90° , pois lembraram que a professora de Matemática sempre disse que a medida do ângulo interno é 90° . Essa exposição dos estudantes revela não sabem qual caminho trilhar para resolver a questão. A referência do procedimento de resolução foi uma fala da professora que, provavelmente, é sobre um determinado tema ou algo específico de uma questão.

Ana e Otávio, do trio 1, tentaram resolver, mas consideraram que a soma dos ângulos internos de um pentágono regular é 360° , como pode ser observado no diálogo, a seguir. Confundiram com a soma dos ângulos internos de um quadrilátero ou com a soma dos ângulos externos do pentágono.

Eliei: 360, por que na sua cabeça veio 360, Ana?

Otávio: É cada um, calma aí, é cada um ou é o todo?

Eliei: Cada um. Por que a pergunta, Otávio? Você acha que ela está certa?

Otávio: Se for ao todo sim.

Eliei: Por que ao todo sim?

Otávio: **Eu acho que pra formar tudo certo, todos os ângulos têm que dar 360, e essa foi a minha conta, eu fiquei calculando, e acho que dá 72 cada um. Dividi 360 por 5, que deu 72, e depois eu fiz 72 vezes 5, que dá 360.**

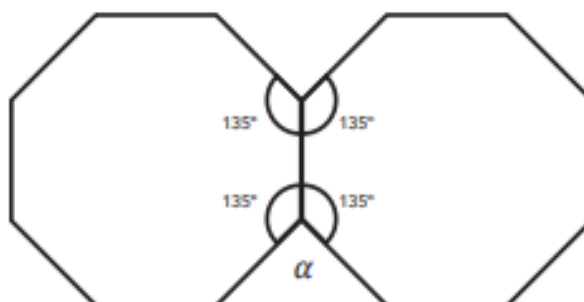
Eliel: Você já conhecia essa fórmula, ou você chegou nela agora?

Otávio: Eu já conhecia, **acho que todas as formas dá 360° por dentro**, eu acho.

Essa confusão entre o valor da soma dos ângulos internos e o valor da soma dos ângulos externos de um pentágono esteve evidente também nas tarefas de ensino, desenvolvidas posteriormente com eles. Para tanto, a base foram essas resoluções de agora, no intuito de apresentar o que foi identificado quanto aos conhecimentos prévios dos estudantes, referentes ao tema polígono regular. Para a compreensão da discussão a ser tecida mais adiante, quando apresentarei os dados referentes às etapas de formação das ações mentais, será importante observar com atenção que a informação de que a soma dos ângulos internos de um polígono é 360° surgiu nessa tarefa de obtenção dos conhecimentos prévios de cada um deles.

A questão 4 desta tarefa de ensino em discussão constava na Avaliação de Aprendizagem em Processo (AAP), da Secretaria Estadual de Educação de São Paulo, do ano de 2016. Ela versa sobre o preenchimento de uma parede com ladrilhos, no formato de dois polígonos regulares, sendo um deles o octógono regular. Com base na Figura 7, os estudantes tiveram que identificar o ângulo do outro polígono, que se encaixaria perfeitamente onde está a letra grega α .

Figura 7 – Imagem presente na questão 4 do Apêndice F



Fonte: elaborado pelo autor

A questão tinha como objetivo a identificação de habilidades e conhecimentos prévios, voltados para a futura formação da habilidade EF07MA27: calcular medidas de ângulos internos de polígonos regulares, sem o uso de fórmulas, e estabelecer

relações entre ângulos internos e externos de polígonos, preferencialmente vinculadas à construção de mosaicos e de ladrilhamento.

Para resolver essa questão, Otávio considerou que todos os ângulos do polígono somavam 360° e, portanto, bastava adicionar a medida dos ângulos $135^\circ + 135^\circ$ e subtrair o valor de 360° para encontrar a medida de α , como pode ser observado na fala dele, transcrita, a seguir.

Otávio: Como ela [se referindo a Ana] falou, todos os ângulos dá 360, então **soma 135 mais 135, que deu 270, então eu tirei 360 de 270, e deu 90°** . Aí eu acho que se somasse 135, mais 135, mais 90, daria 360 (Otávio, 2021).

Na forma que Otávio expressou a organização do seu pensamento conceitual, é possível observar um erro, referente à soma dos ângulos internos de um pentágono, que é 540° . Ele se refere à soma dos ângulos internos de um quadrilátero e a considera como se também fosse válido para o pentágono. Também, equivocase entre a soma dos ângulos externos, que é 360° , com a soma dos ângulos internos.

No entanto, com o destaque no excerto anterior, observa-se que, apesar de ter considerado a medida 360° como a soma dos ângulos internos do pentágono, ele a admite como sendo a do comprimento de uma volta completa de um arco. Demonstra, pois, uma confusão referente àqueles conceitos matemáticos. Contudo, é um indicativo que podem vir a ser um verdadeiro conceito.

Adotei as referidas questões para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, acerca dos conceitos abordados nas tarefas de ensino, que passo a discuti-las.

7.2.1 Formação da Base Orientadora da Ação

A BOA é apropriada pelos estudantes no momento em que o professor organiza o ensino. Na pesquisa de campo, eu assumi esse papel do professor. Desse modo, no decorrer do desenvolvimento das tarefas, os estudantes se apropriam da BOA e a adotam na resolução das tarefas que levam a atingir a atividade/ação interna.

A formação da BOA pelos estudantes foi iniciada com o questionamento: “Quais são os polígonos regulares que você conhece?”. Em ambos os trios, os estudantes não responderam de forma objetiva. O trio 2 se expressou por gestos.

Os três participantes desviaram o olhar, em alguns momentos, e somente Carlos comentou que um polígono regular seria a imagem trazida pela questão 3 da tarefa de mobilização dos conhecimentos prévios (Apêndice F).

Ao serem questionados sobre quais são os elementos de um polígono, os estudantes desse trio, olharam uns aos outros, tentaram lembrar esses elementos e somente Julia apresentou uma resposta, com menção aos lados do polígono. Com minha indagação sobre outras características, Carlos indicou “lados retos” e Carol “lados iguais”. Em seguida, abri espaço para mais reflexões sobre o tema:

Carol: Se fosse um polígono regular, caso... vamos dizer, poderia ser uma reta grande e uma menor?

Elie: E o que mais?

[silêncio]

Elie: Lembrem de tudo o que vocês fizeram nas questões anteriores. O que tinha nessas figuras, além dos lados?

Carol: Alguns tinham letras.

Carlos: Isso é verdade.

Elie: E o que mais além das letras?

Julia: Os ângulos?

Elie: Os ângulos, Julia.

Julia: [falando baixo apenas para Carlos e Carol] foi no chute.

Elie: O que foi, Julia?

Carol: Ela disse que foi no chute.

Este excerto subsidia observação, referente ao conceito “polígonos regulares”, de que esses estudantes possuem várias manifestações do pensamento conceitual de estágio complexo. Apesar de Julia ter mencionado os ângulos, ela mesma pontuou que não veio de um conhecimento adquirido. O modo pelo qual Carol perguntou – sobre os lados do polígono regular ter uma reta grande e uma menor – evidencia que outros conceitos-chaves, para a compreensão de polígonos regulares, ainda não estão formados. Afinal, em nenhum momento, eles usaram o termo “segmento”, por exemplo. Falta o desenvolvimento da abstração desse conceito, bem como da generalização, que permita a identificação dos segmentos em todos os tipos de figuras geométricas possíveis.

Ainda, no diálogo, retomei ao que eles tinham pontuado até o momento para que pudessem se localizar intelectualmente no meio de tudo ao que disseram, até então, conforme o próximo diálogo:

Elie: A Carol falou que polígono irregular tem os lados cada um com uma medida e quando os lados possuem a mesma medida é um polígono regular. É isso mesmo? E o ângulo?

Julia: Quase sempre são iguais

Elie: Quase isso. Falta embasamento.

***Carol:* Eles sempre são iguais?**

***Elie:* Isso. Se são polígonos regulares, os ângulos são sempre congruentes.**

***Carol:* E se for irregular, ele sempre terá ângulos diferentes.**

No trecho em destaque, no diálogo, a fala de Carol pode conduzir a uma análise que indique que ela possui um conceito em potencial de ângulo. Mas, pelo histórico de interação com a estudante, temos o que Vygotski (2014 – Tomo II) preconizou como pseudoconceito, ao indicar que a palavra mencionada, pelo indivíduo, em nada nos permite concluir acerca da formação conceitual, pois o que pode fazer sentido para o adulto, que tem o conceito formado, é possível que tenha sido gerado por meios diversos em sua psique, condicionada às vivências.

No trio 1, com a participação apenas de Otávio e Ana nesse momento, eles não conseguiram estabelecer uma resposta específica. Somente, Otávio questionou se polígono não é o lado da figura geométrica. Como enunciado na seção anterior, o método proposto por Vygotski (2014 – Tomo II; Tomo VI) requer dupla estimulação aos sujeitos da investigação. Uma com o intuito de dirigir a atividade do indivíduo para o objeto considerado no experimento. A outra, com o objetivo de regular a atividade do indivíduo por meio de signos.

O primeiro estímulo se configura com o questionamento sobre o que é polígono. O segundo se estabelece quando retomei, com eles, a questão 1 da tarefa de ensino (Apêndice F), que apresentava quatro polígonos, bem como quando tecemos o diálogo, a seguir.

Elie: Essas figuras são polígonos, não é? Porque já está dizendo o polígono é tal. Observando-as, qual é a característica que vocês diriam

sobre o que é um polígono? Observando as quatro figuras que são polígonos, o que elas têm em comum?

Otávio: É o lado da figura. As formas geométricas têm diferentes lados, e o polígono é um dos lados.

Elie: Polígono é um dos lados. Você acha que é isso, Ana?

Ana: Também acho.

Elie: Vamos pegar o que está escrito ali, por exemplo na letra d, o polígono... aí está escrito no enunciado: “a figura geométrica tem tantos lados”, se o polígono for o lado, então ficaria assim: “o lado tem tantos lados”.

Ana: É, não tem sentido. O polígono então é todos os lados. Ou não?

Elie: Não sei, é vocês que têm que me dizer.

Ana: Porque aqui ó, a pergunta tá dizendo, o polígono tem quantos lados, tá perguntando quantos lados tem o polígono, e aqui é a figura, então eu acho que é a figura ao todo.

Otávio: Eu ainda continuo na minha. Eu acho que é uma parte, a frente dela e os lados em volta, assim, de trás. Tá perguntando... ainda continuo que é um dos lados.

Elie: Então, a Ana acha que é a figura toda, e o Otávio está achando que é um dos lados.

Otávio: Assim, é a figura, mas a figura representa um lado, eu acho.

Elie: Ah eu entendi o que você quer dizer. Você tá dizendo que a figura toda ali é um polígono, mas você só está vendo a frente dela.

Otávio: Sim, você tá olhando de frente, só vê a parte da frente dela.

Elie: Você não vê atrás, não é?

Otávio: É um lado. Se você dividir a imagem vai ficar melhor pra entender.

Elie: Como assim?

Otávio: Esse polígono da b é uma face daquele outro que é uma caixa. Você tem que dividir em vários lados. Você vai ter... 1, 2, 3, 4, 5, 6 lados e esse aí é um desses lados.

Na primeira fala de Otávio sobre polígono ser um lado da figura geométrica, eu compreendi que ele se referia ao segmento de reta compreendido entre dois

vértices consecutivos do polígono. Como preconiza Vygotski (2014 – Tomo II), isso ocorreu porque Otávio utilizou uma palavra que possui um significado específico na área do conhecimento abordada. Também porque, para mim, é um conceito genuíno, razão pela qual eu confundi e não compreendesse que ele se referi a outra ideia com a palavra “lado”.

Nessa mesma direção, quando Ana falou que polígono, para ela, estava atrelado a todos os lados da figura. Nesse caso, compreendi que ela estava com o termo um pouco mais apropriado do que Otávio. Novamente, isso se deve ao fato dela ter utilizado uma definição que, para mim, faz sentido, pois tenho o conceito formado. Apesar do momento em que Otávio fala um pouco mais sobre o que é esse lado a qual ele se refere, noto que ele e Ana falam do mesmo aspecto.

Otávio considera que o polígono é a face de um poliedro e, por isso, é um lado da figura geométrica. Essa não é a definição de polígono, mas é uma das formas de representar o seu conceito. Há, novamente, uma demonstração de formação daquilo que é tangível acerca do conceito e não há a formação do seu ente abstrato. Para confirmar que a fala de Otávio se originou dessa relação, mostrei a imagem de um cubo mágico. A conversa fluiu com base nas nossas observações referentes à imagem, como se manifesta no diálogo, a seguir.

Elie: Então, ele seria um polígono?

Otávio: Ele inteiro, não, mas o lado da frente ali seria um polígono, é porque quê nem, eu falei que eu fazia curso ali de programação, eu mexia com modelagem, então eu sei mais ou menos o que é aresta, vértice e polígono, por isso eu tava falando isso aí.

Elie: O que é aresta?

Otávio: É meio que a linha que liga os vértices.

Elie: E o que é o vértice?

Otávio: O vértice é cada ponta do polígono.

[...]

Elie: Qual é a figura geométrica do polígono aqui?

Otávio: Quadrado.

Elie: Então, o polígono seria o quadrado, certo?

Otávio: Seria

Ana: Sim!

No diálogo, nota-se que além do conceito de polígono, Otávio atribuiu uma significância ao signo vértice e aresta, apesar de trocar o significado das palavras vértices e segmento, na tarefa de ensino que gerou os dados do Quadro 4. É notória a contribuição do componente visual para a aprendizagem desses estudantes.

Entretanto, Otávio direcionou o componente visual – que lhe proporcionou a apropriação de um conhecimento acerca de conceitos da Geometria – às ações executadas em termos de criação de modelagem digital, fora do ambiente escolar. No primeiro diálogo, em que o estudante apresenta a ideia de polígono como um lado, ele menciona um princípio que se assemelha ao pilar decomposição presente no ambiente cultural da Computação. Tal percepção aparece em sua última fala, ao se referir à divisão das faces do poliedro, indicando que embora tenha usado uma linguagem coloquial, ele colocou um indício essencial do conceito, que é abordagem do conceito como face (região plana) de figuras tridimensionais.

Ao ser questionado sobre esse cenário, responde que se trata de um conhecimento prático e útil no espaço cotidiano informal. No entanto, seu ensino não é possibilitado pela escola. Nesse sentido, vale observar o diálogo:

Otávio: Ah! Lá no curso de programação a gente aprende a usar as coisas do dia a dia, aqui na escola não. Sabe essas artes, slow motion, vídeos, coisas de propaganda legal e colorida? É tudo feito no computador e a gente aprende isso lá. Tem um software que a gente usa para criar em 3D as coisas que desenhamos no 2D e é isso que importa, pois em 2024 eu já estarei fora da escola e precisarei saber essas coisas para trabalhar.

Elie: Mas a escola pode te ensinar isso também!

Otávio: Não sei! Acho difícil. Aqui é tudo muito teórico, exemplos bobos do livro. Não tem nada a ver com a gente.

Ana: Isso na aula de Matemática, porque... tipo em História e Geografia falamos bastante sobre coisas do nosso dia a dia, desse tipo. Eu converso bastante lá em casa sobre o que eu aprendo aqui.

Otávio: É! Em Física e Química também. Tem sempre a ver com produtos que compramos, coisas com carro, clima... é legal!

Observa-se, no diálogo, a denúncia de uma dissociação entre a realidade do estudante e o ensino de Matemática. A reclamação é por não englobar as ações presentes em seu ambiente social. A fala de Otávio mostra o alheamento da escola

no referente à transformação que a Computação tem provocado, no ambiente cultural do indivíduo.

Na perspectiva adotada nesta tese, há a necessidade de considerar a cultura computacional presente na sociedade. Afinal, ela tem modificado o indivíduo culturalmente em suas relações, mesmo que sem instrumentos de alta performance. Ela, na atualidade, se constitui em mediadora para o desenvolvimento dos estudantes, em nível conceitual, desde que leva em consideração que a formação de ações, no plano mental, inicia-se com a experiência externa. Esta, por sua vez, necessita ser motivadora e repleta de sentido para que haja a atribuição de significado aos signos presentes na ZDP, constituída pelas interações.

Vale retornar à questão 1 (Apêndice F) e observar nela, as imagens dos polígonos. Tendo-a como referência, perguntei, novamente: o que são polígonos? Otávio substitui sua definição, com afirmação de que se tratava de uma face, direcionando para poliedros. Com base na concepção de que as faces de todo poliedro são polígonos, os estudantes reconheceram que todo polígono se constitui de componentes como arestas, segmentos de reta que formam os lados do polígono, vértice, que não há curvas em seus lados, mas também que todo polígono é a região/superfície que leva ao conceito de área. Tais sínteses são expostas por Ana, descritas, a seguir.

Pelo que eu vejo aqui, todos, tipo, **não tem outra forma, mas só as linhas que interligam, tipo não há nenhuma forma, um círculo, uma linha, tem que ser sempre quadriculado, tipo geométrica, nunca é uma coisa, tipo, redonda assim, que não tenha pontas**, essas coisas (Ana, 2021).

As falas de Otávio e Ana dão indícios de características de conceitos potenciais. Há a presença da abstração que regula o desenvolvimento cognitivo, diferente dos estudantes pertencentes ao trio 2, descrito anteriormente. Nesse momento, identifiquei que seria preciso propor algo necessário à formação da BOA, aos estudantes, referente às ideias e conceitos peculiares aos elementos de um polígono, para que eles pudessem ser conduzidos à elaboração da definição de polígono

Para tanto, iniciei a tarefa com a apresentação, para eles, da imagem e as definições presentes no Quadro 5, que, também, constituem tarefa de ensino criada para a formação da BOA tipo III e EBOCA pelos estudantes (Apêndice G).

Quadro 5. Elementos de um polígono

ELEMENTOS DE UM POLÍGONO

- *Vértice do polígono*: ponto de intersecção entre dois lados consecutivos. É nomeado por letras maiúsculas. Exemplo: A, B, C, D, E, F e G.
- *Lado do polígono*: segmento de reta que une dois vértices consecutivos. Exemplo:
 $\overline{AB}, \overline{BC}, \overline{CD}, \overline{DE}, \overline{EF}, \overline{FA}$.
- *Vértices consecutivos*: são vértices que formam as extremidades de um lado do polígono. Exemplo: A e B, B e C, C e D, D e E, E e F, F e A.
- *Lados consecutivos*: são lados do polígono unidos por um mesmo vértice. Exemplo: os lados $\overline{DE}$ e $\overline{EF}$ são unidos pelo vértice E.
- *Perímetro*: soma das medidas dos comprimentos dos lados do polígono.
- *Área*: medida da região interna do polígono delimitada pelos seus lados.
- *Gênero (n) de um polígono*: número de lados do polígono. Exemplo: polígono com 6 lados (hexágono).
- *Diagonal*: segmento de reta que une dois vértices não consecutivos. Exemplo: BF.
- *Ângulo interno*: região interna do polígono formada por dois lados consecutivos. Pode ser representado por letras do alfabeto grego, por letras do alfabeto romano em letra maiúscula e com acento circunflexo ou com a indicação dos três vértices vinculados aos dois lados consecutivos com acento circunflexo no vértice que os une. Exemplo: α , $\hat{C}$ ou $\hat{DCB}$

- *Ângulo externo*: região externa do polígono formada por um lado e o prolongamento do lado consecutivo a ele. Pode ser representado por letras do alfabeto. Exemplo: β .

Fonte: elaborado pelo autor

Realizei, com o trio 2 (Carol, Carlos e Julia), vários diálogos sobre esses elementos, a fim de promover a formação da BOA própria desses temas. A seguir, apresento o diálogo que estabeleci com eles sobre o conceito de vértice.

Elie: vocês lembram o que são vértices?

Carol: Olha, eu ia colocar o que era, só que eu fiquei com medo de falar errado. **Vértice é aquela linha deles, não é?**

Julia: Não!

Elie: Não! A linha é o segmento de reta que forma o lado do polígono. Então, o que é o vértice, alguém lembra?

***Carol*: A ponta?**

***Elie*: Me fala um pouquinho mais sobre essa ponta?**

***Carol*: Eu só chutei porque sempre tem uma bolinha na ponta deles.**

Elie: E a ponta faz o que?

Carol: Aponta?

Elie: Não! Não é do verbo apontar.

***Carol*: Geralmente são nelas que ficam os ângulos, não é?**

***Elie*: Isso! E o que mais?**

***Carol*: E as letras.**

***Elie*: E o que mais? Os ângulos ficam entre duas coisas.**

***Carol*: Os lados**

***Elie*: Os lados! Então, o vértice faz o que?**

***Carol*: [falando com insegurança na voz] Ele conecta...**

***Elie*: conecta o que?**

***Carol*: os lados!**

Inicialmente, é evidenciado, nos destaques, que há uma confusão entre o que é vértice e o que é lado de um polígono, para Carol. Quando traz, a sua primeira impressão sobre o que é vértice, Julia, enfaticamente, comunica que a colega está

errada. No entanto, não participa mais do diálogo, diferente de Carol que continua em processo de compreender o conceito geométrico em discussão.

Como forma de aprofundar o tema, retomei com eles a questão 3 da tarefa de ensino, que visava elencar os conhecimentos prévios deles (Apêndice F). A preocupação era para que eles identificassem os elementos do polígono elencados, no Quadro 5, na representação de um outro polígono (Figura 6).

Enquanto detinha-me na composição da BOA referente a polígonos regulares, procurei estender para o desenvolvimento dos fundamentos da Computação, entendidos como os pilares do pensamento computacional. Tinha como pressuposto de era a forma deles estar presentes nas demais etapas de formação da ação mental. Apresentei para o trio de estudantes, o que é decomposição, reconhecimento de padrões, algoritmo e o que seria a abstração. O esforço foi para que ocorresse a compreensão necessária.

A interação entre mim e os estudantes foi mediada pela tarefa que tinha com centralidade à identificação dos elementos de um polígono (imagem presente na Figura 6). Estava em cena a oportunidade para que desenvolvessem suas compreensões, acerca desses pilares, principalmente, os três primeiros. Posteriormente, debrucei-me no entendimento de como ocorreu esse processo, por meio do diálogo, a seguir.

Eliei: O que vocês acharam dessa forma de estratégia para resolver uma tarefa?

Júlia: Olha, pra mim não foi novidade.

Eliei: Por quê?

Júlia: Na outra escola eu tinha aula de cultura digital e tinha projeto pra fazer e fazíamos desse jeito.

Eliei: Como era? Fiquei curioso.

***Julia:* Não sei falar, mas tudo o professor pedia para ser em grupo e tinha que separar em etapas, depois ver o que tinha em comum. Mas aí tinha que pesquisar coisas em comum para fazer os próximos. Era regra, tinha que ser assim. E depois a gente escrevia na ordem certa e as vezes tinha que fazer um negócio cheio de Geometria. Era legal quando tinha que apresentar porque cada grupo era de um jeito e dava certo.**

Eliei: E vocês, o que acharam?

Carlos: Cara, é o que eu faço nos jogos em time com meus amigos, mas não tem esses nomes que você falou.

Eliei: Que jogo?

Carlos: É assim, quando começa o jogo ele pede para selecionar quem vai fazer o quê. Aí cada um é responsável por um squad, sabe? E dentro desses squad tem missões a serem feitas. Mas o louco é que no final, se cada um fizer certinho dá certo porque quando você sai do squad, ele junta tudo e aí vai para a fase 2.

Eliei: O squad é isso que falei?

Carlos: É! Não, não isso, mas na missão tem que organizar em situações menores, tem que ver coisas em comum, que é o padrão que você fez a gente observar entre essa imagem e aquela dos elementos do polígono, é tipo isso. Tipo, quem reconhece esses padrões que você falou mais rápido e certo, vai avançando. A ideia é sempre chegar mais rápido, mas tem que ser certo se não perde ponto e vida.

Eliei: Acho que entendi.

Carlos: É legal, mas tem que ter concentração.

Eliei: E de onde veio o gosto por esse jogo?

Carol: Certeza que é coisa do Paulo

Eliei: Por quê?

Carol: Porque ele vai no SENAI, acho que é isso, e volta de lá cheio dessas coisas pra gente ficar antenado com essas coisas de tecnologia, que é o que tem que ser, neh?

Eliei: E você não joga, Carol?

Carol: Ah, eu não gosto muito de jogar em si, mas as vezes eu participo. Mas isso que você perguntou é tipo o que a gente faz sempre, não é?

Eliei: Como assim?

Carol: Quando eu vou lá na minha chefe limpar a casa dela, eu tenho que fazer isso, neh? Pra fazer mais rápido, neh? Tipo, não vou começar pela entrada se todo mundo fica passando e suja. Tenho que pensar por onde começar, mas tem que fazer tudo até meio-dia pra comer e vir pra aula fazer tua atividade.

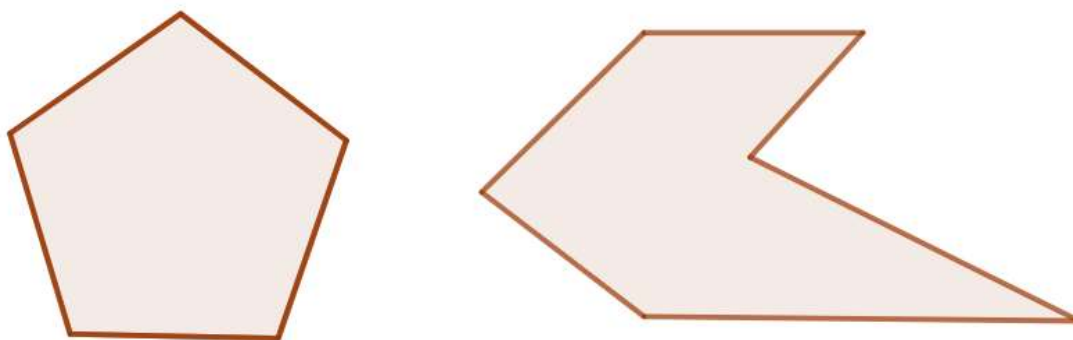
No diálogo, eles não mencionaram com clareza que estavam desenvolvendo aspectos vinculados à cultura da computação, até porque eles não possuem tamanha reflexão a ponto de discutir sobre esses pilares. Mas, é possível perceber características similares relacionadas a ações do dia a dia ou que envolvam um cenário transformado pela Computação. Como discutido em seções anteriores, cada vez mais a cultura da Computação modifica o espaço cultural do indivíduo, ao mesmo tempo que transforma a própria área do conhecimento com novas atualizações e produtos.

Certamente, também gera transformações culturais naqueles que, cada vez mais, consomem produtos oriundos desse cenário e cultura. Ainda mais, modifica o modo de agir e o de organizar o pensamento, em alguns setores. Nesse sentido, Kaminski e Boscaroli (2019, p. 145) alertam que, à escola compete o papel de proporcionar, aos estudantes, o contato com tal conhecimento, a fim de ajudá-los a sistematizá-lo e aplicá-lo nas suas mais variadas atividades. Tal atribuição é a responsável de criar as condições para que os estudantes se tornem capazes de discutir e opinar, criticamente, como cidadãos atuantes e participativos.

Tenho a consciência de que não é uma tarefa simples e pontual. A prova de tamanha complexidade são as ações desenvolvidas na produção de dados desta pesquisa, que se encontra como um start para a discussão da temática. No processo, cada vez mais despontam necessidades de ações contínuas que proporcionam a compreensão das bases da Computação, por meio do contato com vocabulários e símbolos que possam ser utilizados para descrever ações computacionais (LU e FLETCHER, 2009; GROVER, COOPER e PEA, 2014; BARR e STEPHENSON, 2011). Nesse sentido, retomo ao que preconizei como intenção desta tese, na seção 4.6, que: durante a formação da BOA, é necessário que ocorra esse estímulo, como o que busquei proporcionar com a orientação sobre os pilares do pensamento computacional.

Por fim, apresentei a questão 1 do Apêndice G. Com base nela, questiono-os sobre o reconhecimento de polígonos por meio de duas representações (Figura 8). Carlos propôs, às colegas, que se organizassem de forma a observar os padrões das imagens com aquelas apresentadas em tarefas anteriores, por exemplo, do Apêndice F. Ele pontuou que as figuras são todas fechadas e, assim como as anteriores, tinham o mesmo formato e eram todas polígonos.

Figura 8. Imagem presente na questão 1 do Apêndice G



Fonte: elaborado pelo autor.

Após a conclusão de Carlos, o trio de estudantes identificou, nessa nova imagem, os elementos vistos anteriormente. O momento era propício para que iniciasse o diálogo, em retorno à questão 1 do Apêndice F, ou seja, aquela mesma que foi trazida com Otávio e Ana, quando definiram polígono como o lado da figura. Segue diálogo com Carlos, Carol e Julia:

Elie: Olhem só as figuras da primeira questão da tarefa anterior. Todos são polígonos, não são? O exercício está afirmando isso. O que elas têm em comum? **Qual é o padrão?**

[silêncio]

Carol: todas são figuras.

Carlos: todos tem lados

Elie: e o que mais?

***Carol:* tem lados mesmo sendo regulares ou irregulares**

Elie: Isso! Lembram dos elementos? Independente de ser regular ou irregular, todos têm lados, vértices..., mas tem uma característica aqui ainda.

[...]

Carlos: as pontas.

Elie: além das pontas [todos riem]

***Julia:* alguns parecem ser regulares e outros irregulares.**

Elie: e o que mais?

Carlos: estamos tentando descobrir!

Elie: Divida a questão de modo que fique mais visual para vocês. Observem item por item e reconheçam qual padrão há entre cada um deles.

[...]

Carlos: as que parecem ter lados com medidas iguais são polígonos regulares e as que parecem não ter lados com medidas iguais são polígonos irregulares.

O diálogo teve intenção de refletir que os polígonos são determinados por linhas segmentadas fechadas, ou seja, todos os seus lados são conectados a outros lados diferentes, por meio de um vértice. Além disso, procurei evidenciar vocabulários, como a palavra “padrão”, e momentos da cultura da Computação, como “dividir a questão”, para possibilitar a apropriação de seus fundamentos, no ato de resolver as tarefas de ensino, como preconizado por Barr e Stephenson (2011), Barr, Harrison e Corney (2011), Brennan e Resnick (2012) e Ribeiro *et. al.* (2019).

Carol, Carlos e Julia focaram na classificação das figuras em polígonos regulares e irregulares, como é possível observar nas falas destacadas. Além disso, a fala de Carlos – ao se preocupar em descobrir o que mais haveria em comum entre as figuras – tem um teor conclusivo: tudo o que sabiam, fora dito. Portanto, não mais mobilizavam conceitos adquiridos para responderem os meus questionamentos.

Assim, optei por retornar à questão 1 do Apêndice G (Figura 8), com o trio formado por Carlos, Carol e Julia. Perguntei-lhes: qual das figuras é um polígono regular e qual é irregular. Unanimemente, eles responderam que a figura da esquerda seria regular e a da direita irregular. Ao serem questionados sobre a razão dessa classificação, justificaram que os lados da segunda figura não aparentam que tenham as mesmas medidas, em relação com características observadas anteriormente. Sendo assim, apresentam indícios de: terem identificado os atributos essenciais em um processo de análise e síntese (pilar abstração); e reconhecerem esses atributos (pilar reconhecimento de padrões) na outra imagem.

Questionados sobre outra característica que está presente no polígono irregular, Julia, prontamente, complementou que, para além da identificação dos lados, os ângulos internos também deveriam ter a mesma medida. Concluiu que todos os polígonos possuem os elementos descritos, anteriormente, mas aqueles

que não possuem a relação encontrada, referente a ângulos e lados, são considerados polígonos irregulares.

Nesse momento, há os primeiros indícios da apropriação da BOA, uma vez que eles não conseguiam identificar os polígonos e apresentaram não terem um conhecimento teórico adequado por estarem em processo de aprendizagem do conceito. Agora identificam cada elemento e classificam os polígonos. Também, há indícios do início de uma apropriação dos fundamentos da Computação e sua incorporação ao modo de organização para resolver a tarefa.

Nesse período de apropriação da BOA, não esperava que os pilares do pensamento computacional fossem evidenciados, mas que houvesse um processo de compreensão e formação de sentido próprios do modo de resolver as tarefas, como foi elucidado na seção 4.6 e sendo indicado com os dados apresentados.

Concentrado na BOA, iniciei um processo de reconhecimento de uma outra característica presente nas duas figuras: a de serem côncavos ou convexos. Inserir as duas figuras no Jamboard, uma lousa digital e, com a ferramenta laser¹⁸, fiz observações acerca dos conceitos vértices, região delimitada pelos segmentos de retas que compõem os lados da figura, côncavo e convexo.

Em seguida, solicitei que eles apresentassem uma definição de polígono regular, elaborada até o presente momento. Carlos, Carol e Julia expõem: *para serem regulares, eles precisam ser todos de ângulos iguais e terem o mesmo tamanho entre os lados, mas se forem irregulares, eles precisam ter lados de diferentes tamanhos e terem ângulos diferentes.*

A questão 1 do Apêndice G também foi desenvolvida com Otávio e Ana. Eles manifestaram uma assimilação diferente dos demais estudantes, referente aos conceitos envolvidos nos elementos de um polígono. No diálogo descrito, a seguir, será possível observar como foi esse momento de interação com eles.

Elie: Agora a pergunta é: uma delas é polígono regular, a outra não é. Qual é qual?

Otávio: O da esquerda é o regular, eu acho.

Elie: Por quê?

Otávio: Porque assim, na minha opinião, fora o que você falou, eu acho que polígono regular é as formas geométricas, tem forma, eu

¹⁸ Laser é o nome de uma ferramenta presente no Google Jamboard, que permite ao apresentador destacar partes de sua apresentação com um ponto vermelho, imitando a luz de um laser físico.

acho que é o da esquerda, porque o da direita não tem forma nenhuma.

Eliel: Mas ela tem uma forma, ela tem a forma de uma seta.

Otávio: É, meio que uma seta ali.

Eliel: E você, Ana, o que você acha, você acha que ele está certo?

Ana: Sim, porque ele parece mais uma forma geométrica, o outro nem tanto assim, ele tem uma forma, mas assim, nem tanto assim com as formas geométricas que a gente tá acostumado, normalmente.

Eliel: Duas coisas que você falou que eu queria saber um pouco mais. Quando vocês dois falam assim, “parece uma forma geométrica”, por que parece uma forma geométrica? Qual é a característica dessa forma geométrica?

Otávio: Quando eu falo forma geométrica, já vem na minha cabeça o triângulo, quadrado.

Ana: Círculo, retângulo.

Eliel: E o que todas essas figuras têm em comum? Qual é o padrão? Um triângulo, um quadrado, assim, como vocês falaram.

Ana: Arestas e os vértices, também.

Eliel: Só que esses são elementos de todo polígono.

Otávio: Sim.

Ana: Sim.

Eliel: Mas... o que mais elas têm em comum?

Otávio: Será que se somar ali dá todos 360°? [se referindo a imagem da esquerda]

Eliel: Por quê?

Otávio: Porque eu acho que todas as formas geométricas dá 360 nos ângulos, e isso aí [se referindo a imagem da direita] eu acho que não dá

Ana: [se referindo a figura da esquerda] É, ele é maior, parece que o ângulo é...

Otávio: todos tem o mesmo ângulo. Esse [se referindo a figura da direita] aí não, ele é todo tortinho.

Ana: É, ali é menor, ali é maior, ali é um pouco mais pra cá.

Com os trechos destacados é possível observar que o conceito polígono regular, para Ana e Otávio, ainda não estava adquirido em seu maior grau de generalização. Há uma relação de definir o conceito com base apenas da sua representação. Contudo, ocorre a identificação de elementos característicos do conceito, como: os ângulos da figura à esquerda aparentam de mesma medida; os ângulos da figura a direita, são diferentes. Esse tipo de compreensão reforça a presença de um conceito em potencial.

Em seguida, questionei sobre mais uma característica dos polígonos regulares que eles precisariam identificar com a observação das figuras geométricas, que foi apresentada na Figura 8. Otávio prontamente mencionou: “se ver bem, tem um padrão ali, agora que você falou se ver o padrão faz mais sentido, tipo, as retas do polígono têm o mesmo tamanho” (Otávio, 2021). Ele usou o termo “retas” para se referir aos lados do polígono.

Aqui é perceptível que o conceito reta e segmento não estão assimilados em seu grau máximo de generalização, dado a ocorrência da troca de termos. O conceito científico de polígono tem sua gênese e desenvolvimento, produzidos historicamente, no ponto, reta e segmento. No entanto, como esses três últimos conceitos não foram abordados por mim na formação da BOA, o alicerce não foi elaborado. Em minhas interações, parti do pressuposto de que os estudantes haviam se apropriado do sistema de conceito, que constituem os elementos da relação essencial do conceito de polígono.

Otávio também mencionou sobre a medida dos ângulos de um polígono regular. Ao usar o termo “formas geométricas” – para se referir ao polígono regular, em sua primeira fala do diálogo anterior – o estudante defendeu a ideia equivocada de que todos os polígonos regulares possuem ângulos cuja soma resulta em 360° . E, reportou-se à imagem da esquerda, com a indicação de que, nela, a soma dos ângulos não resultará em 360° porque as medidas não são as mesmas.

Pela observação do Quadro 4, é possível perceber que, ao definir alguns polígonos, o estudante usou o termo “forma geométrica”. Após as discussões, compreende que, ao mencionar ‘forma geométrica’ para definir um quadrado, por exemplo, ele se referia a um polígono com lados de mesma medida.

Vale lembrar que a noção de que a soma dos ângulos internos é igual a 360° em todos os polígonos regulares, surgiu na tarefa de levantamento dos

conhecimentos prévios, ou seja, é algo que se enraizou. Na tentativa de minimizar esse conhecimento antes que se fossilize, modifiquei as tarefas de ensino adotadas para a formação planejada das ações mentais dos estudantes, desse trio específico, o que será discutido em 7.2.2.1.

Essa relação estabelecida com os ângulos de um polígono esteve presente na definição apresentada, por eles, sobre polígono regular. Ou seja, considera que os ângulos precisam ser congruentes e, assim também, a medida dos segmentos de reta. Por outro lado, Carol, Carlos e Júlia, ao definir tal conceito, colocam uma relação condicional entre a medida dos segmentos de reta e a soma dos ângulos do polígono, como apresentado, anteriormente, e observado no Quadro 6.

Quadro 6. Definição de polígono regular dos trios de estudantes durante a formação da BOA

TRIO - ESTUDANTES	DEFINIÇÃO
1 – Ana, Paulo e Otávio	Polígono regular são as formas geométricas que tem a soma dos ângulos que dá 360° , então as retas têm que ter a mesma medida, se passar de 360° a soma dos ângulos, não são mais polígono regular
2 – Carol, Carlos e Júlia	Se a soma dos ângulos for 360° , então, os lados serão congruentes e o objeto será um polígono regular

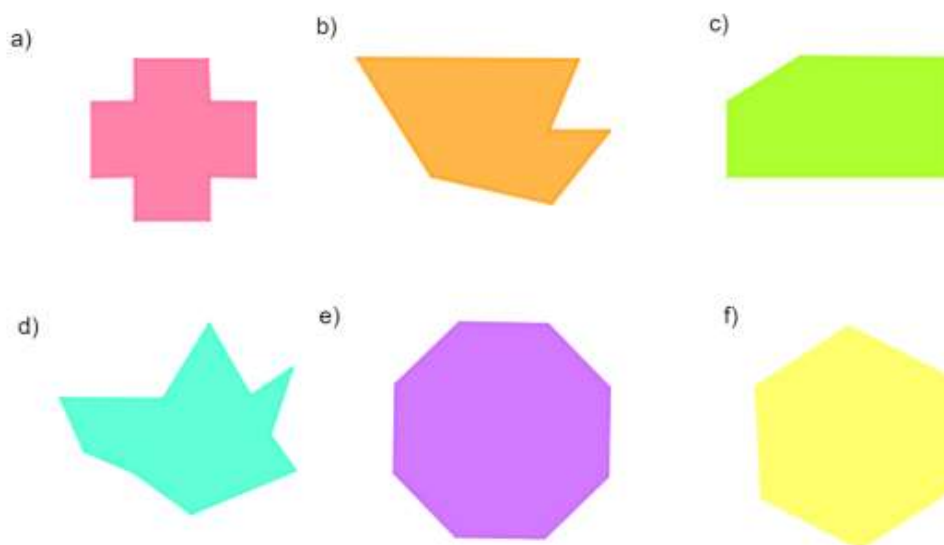
Fonte: elaborado pelo autor

No final do processo descrito até aqui, que caracteriza a finalização do primeiro encontro com eles, solicitei que Otávio e Ana observassem os polígonos da questão 1 do Apêndice G, que foi apresentada na Figura 8, para que, em interação comigo, compreendessem o que são polígonos côncavos e convexos. Nessa observação, desenvolvi com eles a ideia do ‘pillar algoritmo’, com início de um processo de apropriação, caso fizesse sentido a eles, no ambiente cultural ao qual estão imersos.

Segui a estrutura de uma sequência lógica e ordenada de passos para que eles organizassem as características que iriam observar, com a adoção dos condicionantes “se”, “então” e “senão”, utilizados na Ciência da Computação. Por exemplo, se o polígono tiver, no mínimo, um ângulo maior que 180° , então, ele é

côncavo. Senão, ele é convexo. Do mesmo modo, se ao unir um vértice a outro vértice não consecutivo do mesmo polígono, todos os segmentos de reta formados permanecerem inclusos à região interna do polígono ou em seu contorno, então, ele é convexo. Senão, ele é côncavo.

O pilar algoritmo foi abordado de forma a apoiá-los na comunicação entre seus pares, com a adoção de termos específicos relacionados ao objeto do conhecimento. Além disso, apoiá-los na organização de seus pensamentos e falas, durante as suas interações. Após esse momento, desenvolvemos a questão 2, como o modelo do controle na formação da BOA sobre polígonos regulares. A tarefa de ensino consistia na



classificação de seis polígonos (Figura 9) como regular ou irregular, com base na definição formulada (Quadro 6).

Figura 9. Polígonos presentes na questão 2 do Apêndice G.

Fonte: elaborado pelo autor

Para Ana e Otávio, somente os polígonos das alíneas e) e f) são regulares, pois apresentam lados congruentes e a soma dos ângulos ser 360° . Desse modo, é perceptível que a definição apresentada por eles está apropriada, mas não condiz

com o real conceito de polígono regular e nem com o de octógono, pois consideraram erroneamente o valor da soma dos ângulos internos.

Otávio reconheceu que o polígono da alínea e) é o mesmo polígono da questão 2 do Apêndice F, isto é, reconheceu um padrão por meio da identificação de atributos essenciais, adquiridos até o momento (a soma dos ângulos internos de um octógono ainda não havia sido abordada), o que o trouxe segurança em afirmar que se tratava de um polígono regular.

A afirmação do estudante evidencia que ele considerou a soma dos ângulos do octógono como 360° , por conceber como regular, sem ter calculado o seu real valor. Partiu-se de uma vivência anterior, que se não fosse investigada a fundo, o conduziria para um erro conceitual de considerar 360° como a soma de todos os ângulos internos de qualquer polígono regular.

A seguir, apresentarei trechos do diálogo em que questiono quais são regulares e Carol, Carlos e Julia, membros do trio 2, afirmam que os polígonos das alíneas e) e f) são os únicos regulares.

Elie: O polígono da alínea a) é regular?

Carlos e Júlia: Sim!

Carol: Acredito que seja regular.

Elie: Vamos decompor o polígono de acordo com seus elementos. Começamos pelos lados. Todos os lados desse polígono têm a mesma medida?

[pausa para observação da imagem]

Carol: Todos os lados, não. Porém, se a gente fosse ligar pelos vértices, eles teriam o mesmo ângulo.

Elie: Ok, mas a definição de vocês fala o quê sobre polígonos regulares?

Julia: Que tem que ser todos iguais.

Elie: Então na alínea a), vocês ainda acham que é polígono regular?

Carol: Olha, eu realmente acho que ela é irregular, mas se for juntar, ela fica irregular. Se for juntar os vértices.

Elie: Mas não tem que juntar. É a figura do jeito que está.

Carol: Então é irregular!

O diálogo indica que há um processo de assimilação em movimento referente ao que é polígono regular, pois os estudantes relacionam o termo pela medida dos

ângulos e dos lados do polígono. Isso esteve em pauta na conversa sobre o polígono da alínea b, conforme explicitação no excerto, a seguir.

Esse está na cara que é irregular! [...] porque as linhas não estão do mesmo tamanho. [...] pelo que a gente aprendeu ontem, ele é totalmente irregular. [...] Os regulares têm tamanhos do lado de mesma medida e os ângulos são iguais. Os irregulares possuem ângulos de medidas diferentes e linhas de diversos tamanhos (Carol, 2021).

Apesar de usar sentenças como “ângulos são iguais”, eles as comunicam com base na definição conceitual que foi estimulada nas últimas interações. Com o polígono da alínea c), ocorreu o mesmo processo da alínea b), conforme a fala de Carlos:

Pela nossa teoria, ela é totalmente irregular também, pois por mais que ela tenha três linhas de mesmo tamanho, duas delas são de tamanhos diferentes (Carlos, 2021).

Carlos, Carol e Julia seguiram a mesma ideia para classificar os polígonos da alínea d), e) e f). Ao final, mantiveram a suas definições do que é polígono regular. Em tempo, o processo de formação da BOA foi finalizado. No que se refere à EBOCA, ocorreu o seu traçado, que indica onde se espera que os estudantes cheguem, em termos da formação conceitual de polígonos regulares.

Percebe-se que, até o momento, a BOA tem característica do tipo III, uma vez que proporcionei uma orientação generalizada, com nível de detalhamento completo e modo de obtenção independente, com base nos conhecimentos prévios e ações assimiladas pelos estudantes.

A contemplação dos modelos do objeto, da ação e do controle – na composição da BOA pelos estudantes – se caracteriza: pela presença das definições dos elementos do polígono; bem como a articulação com a questão 1 do Apêndice F; observação de um cubo para Otávio e Ana; e a articulação com a questão 1 do Apêndice G,

As tarefas de ensino colaboraram com o estabelecimento do EBOCA, que será proporcionado nas ações que serão descritas na subseção, a seguir, em inter-relação com a BOA na ZDP, estabelecida na interação entre os envolvidos. Além disso, permitiu que os fundamentos da Computação fossem abordados, com a

produção de sentido pelos estudantes, ao incorporá-los em suas práticas de organizar o pensamento e resolver as tarefas. A produção de sentido ocorreu por se tratar de algo que conecta com o dia a dia deles.

Antes de iniciar as próximas tarefas de ensino, tive um momento de acolhimento e sistematização com Paulo, membro do trio 1, que participou das ações síncronas, ao lado dos colegas, a partir do segundo encontro. Apresentei-lhe tudo o que foi relatado até aquele momento. Com base na Figura 8, conversamos sobre a definição que Ana e Otávio apresentaram sobre polígono regular.

Trata-se de um momento importante para a compreensão das próximas discussões que tecerei na subseção 7.2.2.1. Por esse motivo, discuto os dados referentes ao vivenciado com o trio 1, no início do segundo encontro.

Paulo concordou com a definição proposta pelos colegas, anteriormente, sobre polígono regular. No entanto, ao justificar o motivo pelo qual a imagem da esquerda da Figura 8 é um polígono regular e a imagem da direita é irregular, o estudante considerou a simetria da imagem como requisito para ser regular.

Porque a soma de todos os ângulos internos dele é de 360° . É um polígono! Como eu poderia dizer... ele é simétrico! (Paulo, 2021)

Questionado sobre o termo “simétrico”, Paulo defendeu que, para ser polígono regular, é necessário ser simétrico, ou seja, “se eu cortar a forma no meio, ela vai ter duas partes iguais” (Paulo, 2021). O estudante exemplificou com a menção de um trapézio isósceles que, ao traçar um eixo vertical de simetria de reflexão, será dividido em duas partes simétricas, condição necessária de um polígono regular.

A afirmação de Paulo é referência para que Ana e Otávio propusessem a análise das imagens da Figura 9 para validá-la. Ao perceber que havia coerência na asseveração de Paulo, Otávio justifica: “se divide ao meio, fica igual, porque eles têm a mesma medida de qualquer jeito” (Otávio, 2021), o que retoma sua definição sobre os lados serem congruentes. Visto que não conseguiu invalidar a afirmação de Paulo, Otávio apresentou sua comprovação com base naquilo que ele acreditava ser o correto.

Ao serem questionados que abordavam o mesmo significado com termos diferentes, Paulo reforçou:

Às vezes o simétrico, ele não necessita sempre ter lados iguais, o pentágono por exemplo, se traçar uma linha ao meio, o lado ali no canto direito inferior vai continuar maior que o direito superior (Paulo, 2021).

Essa assertiva gerou discussão com teor de contradição, entre os colegas, que resultou no seguinte diálogo:

Elie: Ana e Otávio, vocês trouxeram, principalmente o Otávio, que a fala do Paulo sobre o polígono ser simétrico tem a ver com os lados do polígono serem congruentes, porque para serem simétricos, terão a mesma medida. Mas o Paulo, agora, jogou na roda que não necessariamente, pois ele deu o exemplo de que ao fazer a divisão com o eixo de simetria, um lado vai ser igual do outro. Mesmo assim, isso não implica que os lados da figura original vão ter a mesma medida. Aí então, quebrou o que vocês estavam falando sobre ser a mesma coisa. E aí? Otávio e Ana, vocês continuam achando que ao falar da simetria, o Paulo está falando a mesma coisa que vocês estão falando na definição de polígono regular?

Otávio: Eu acho, olha, parando pra pensar mesmo, eu não sei, porque **eu acho que eu vou continuar defendendo a outra, que todos os lados têm a mesma medida**. Pode até não ter a mesma medida, e se dividir ao meio ficar igual, mas aí...

Paulo: É a questão do trapézio. Se eu cortar o trapézio no meio, você pode observar que vai ficar três segmentos de reta, mas os três segmentos não são do mesmo tamanho.

Elie: Mas a Ana falou àquela hora que trapézio não é um polígono regular, então essa sua definição não dá para o polígono regular dela.

Paulo: Mas é regular ou irregular?

Elie: Olha gente, a Ana falou àquela hora que o trapézio é um polígono, mas que ele não é regular.

Paulo: Vou fazer esse desenho aqui [ele desenha um trapézio isósceles]

Elie: Ah isso! E faça o eixo de simetria no meio.

Paulo: Isso! **Se você observar, esses dois segmentos de reta, são diferentes desse. O trapézio, apesar de ser um polígono regular,**

dentro da definição de ser simétrico, pode observar que ele não tem todos os lados iguais.

Elie: **Então, para o Paulo, o trapézio é um polígono regular. Para o Otávio não é um polígono regular, porque o Otávio continua na ideia de que todos os lados têm que ter a mesma medida, e o trapézio não tem todos os lados com a mesma medida.** E você, Ana, qual lado você vai ficar agora?

Ana: **Eu estou do lado do Otávio.** Eu continuo naquela ideia, não sei se tá correto.

Esse diálogo tem sua importância, pois os estudantes confrontaram suas percepções para esclarecer, para si mesmos e a mim, o que cada um deles consideravam como polígono regular. A relação entre ser, ou não, simétrico estará presente nas demais tarefas de ensino a ser discutidas no momento de formação da ação mental sobre polígono regular, a seguir.

7.2.2 Formação das Ações Mentais mediada pela BOA

Após o momento de formação da BOA pelos estudantes, iniciamos a etapa da formação da ação nos planos: material, da linguagem externa e mental. Como a partir desse momento, os dois trios seguiram caminhos diferentes – direcionados pelos seus questionamentos e interação entre eles e comigo – discutirei os próximos dados de forma separada para cada um deles.

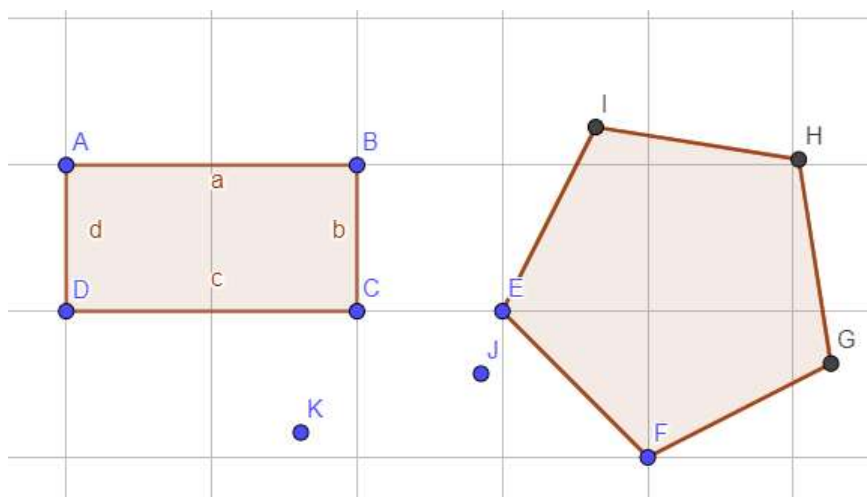
Vale esclarecer que não dedicarei seções específicas no momento da formação da ação nos três referidos planos, devido ao caráter complexo e não linear desse processo, em que uma etapa se inicia ao passo que a necessidade da anterior diminui, como discutido na seção 4.

7.2.2.1 Trio 1: Ana, Paulo e Otávio

Apresentei, aos estudantes, o software GeoGebra e expliquei-lhes o uso das ferramentas polígono e polígono regular. Com a primeira, construíram um retângulo e com a segunda um pentágono, como forma de retomar a dúvida que ficou, desde o momento em que discutiram se o pentágono da Figura 8 é regular ou não. Trata-

se, pois, da formação da ação no plano material. As duas imagens estão representadas na Figura 10.

Figura 10. Retângulo e pentágono construídos no GeoGebra pelo trio 1

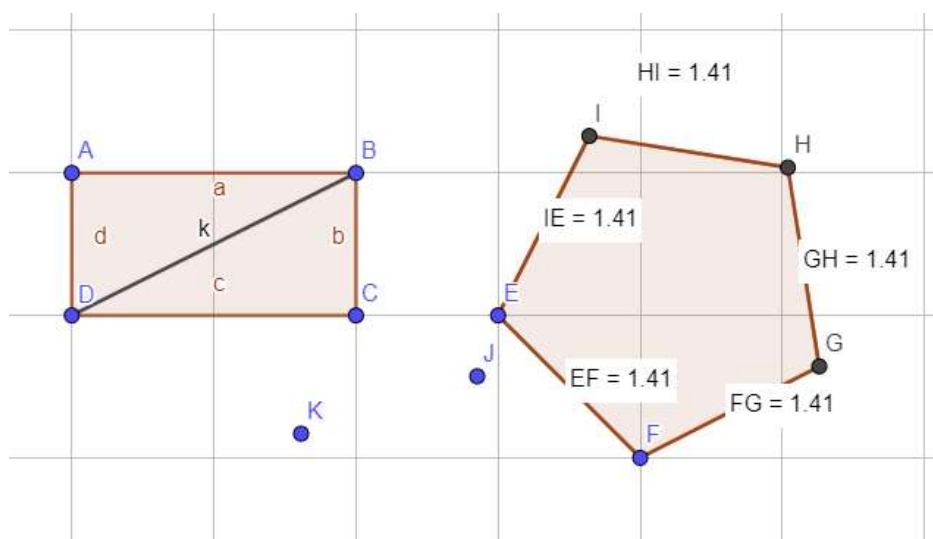


Fonte: reelaborado pelo autor com base na produção de Ana, Paulo e Otávio

Ao observar as imagens, Otávio questionou se o pentágono construído, pela ferramenta, o polígono regular teria os lados com a mesma medida. A fim de investigar essa situação, utilizamos a ferramenta intitulada “comprimento, distância e perímetro” para encontrar as referidas medidas. Quando constataram que todos os lados do polígono estavam com a mesma medida, Paulo afirmou que, além dessa característica, a figura era simétrica. Ana e Otávio concordaram com o colega.

Apesar de Paulo ser o único a considerar a simetria como necessária para classificar um polígono como regular, a validação feita com o pentágono não confrontou a definição de Otávio e Ana, pois a imagem formada era simétrica e possuía os lados congruentes. Entretanto, pedi que analisassem se o retângulo seria um polígono regular ou não, como modo de confrontá-los quanto às suas definições.

Figura 11. Retângulo com uma de suas diagonais e pentágono regular com a medida de seus lados



Fonte: reelaborado pelo autor com base na produção de Ana, Paulo e Otávio

Paulo traçou o segmento de reta BD, uma das diagonais do retângulo ABCD, como pode ser observado na Figura 11. Com base nela, iniciamos um diálogo, considerado essencial para a formação da ação no plano material:

Paulo: Fiz um retângulo, dividi no meio, agora possuo dois triângulos retângulos, certo? A soma dos ângulos internos de todo triângulo retângulo é 180° , correto?

Elie: Correto.

Paulo: 180 mais 180, dá 360, certo?

Elie: Certo.

Paulo: Dado a nossa definição, todo polígono regular possui 360° de ângulos internos.

Elie: Isso!

Paulo: Então é o que eu tenho de fundamento pra dizer que é regular.

Elie: Ok, mas você também falava que é o fato deles serem simétricos e terem 360° , certo?

Paulo: Certo! E continua sendo simétrico, se eu cortar ao meio, ainda vai ter duas partes iguais.

Elie: Otávio e Ana, essa figura, o retângulo, sem a diagonal, só o retângulo, na definição de vocês, é um polígono regular?

Otávio: Sim! Não...

Ana: Não! Não! Pela nossa definição, não.

Elie: Por que não é, Ana? Fala para mim, Ana.

Ana: Porque tem o mesmo padrão da nossa definição, todos os lados têm que ter o mesmo tamanho, tipo, o outro a gente viu que têm o mesmo tamanho, mas esse daqui não tem, porque a reta de cima e embaixo é maior do que a do lado.

Elie: Isso, eu vou pedir um favor agora, Paulo, por gentileza, clica lá onde está o "cm" e coloca a medida de todos os lados do seu retângulo [pausa]. Então, Ana e Otávio, para vocês não é polígono regular?

Otávio e Ana: Sim.

Elie: Mas para o Paulo é, certo?

Paulo: Certo!

Elie: Então, as definições de vocês não são as mesmas, concordam?

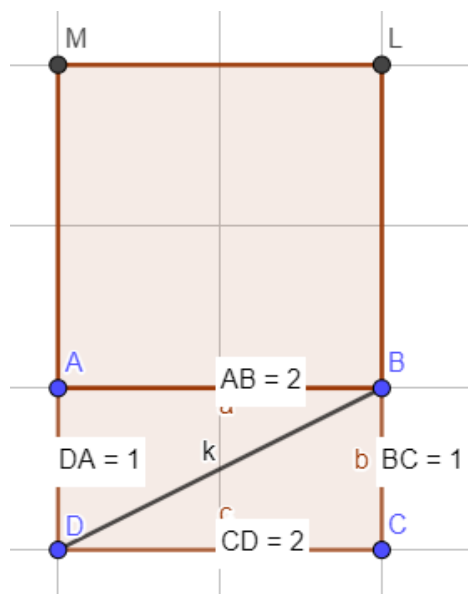
Ana: Sim

Otávio: É, não são. A própria definição não tem o mesmo padrão.

Ana: Até tem com os ângulos, tipo, todos dão 360° , esse é o padrão. Se fizermos igual antes e dividir por... como você havia dito? É... por característica, tem os lados e os ângulos. No ângulo tem o mesmo padrão, mas no lado a nossa definição muda, porque pela nossa definição, se você for ver aqui, teria que utilizar dois quadrados pra dar certo. Porque aí ficaria um quadrado, que é regular.

Observa-se que eles recorrem ao ' pilar reconhecimento de padrões' como estratégia de organização do pensamento para responder à pergunta que lhes foi colocada. Por consequência do diálogo, ficou evidente, para o trio de estudantes, que um deles fez considerações equivocadas sobre o que é polígono regular. Como esperado, dúvidas surgiram: Considera-se a simetria? Todos os lados precisam mesmo ser congruentes? Para prosseguirmos com a formação da ação no plano material, solicitei que construíssem um polígono de 4 lados, com a ferramenta polígono regular do GeoGebra, que produziu a imagem da Figura 12.

Figura 12. Polígono qualquer ABCD e polígono regular MLBA construídos no GeoGebra



Fonte: reelaborado pelo autor com base na produção de Ana, Paulo e Otávio

Com a construção da Figura 12, questionei, ao trio de estudantes, se é possível ter dois polígonos regulares de 4 lados diferentes. Novamente, as opiniões deles se divergiram. Ana defendeu não ser possível e que o quadrado obtido é regular, diferente do retângulo. Paulo insiste que o quadrado é regular assim como o retângulo, ou seja, continua com o argumento anterior, explicitado no excerto, a seguir.

Se você observar a figura continua sendo simétrica, se eu passar uma reta aqui no meio vou continuar tendo dois triângulos retângulos, consecutivamente, 360° , dentro da minha teoria (Paulo, 2021).

O exposto até o momento subsidia a possibilidade de afirmar que a formação da ação de Otávio e Ana está menos dependente do campo material. Isso os leva para a formação da ação no campo da linguagem externa, que é apoiada pelos termos e significados adquiridos em suas vivências e pela definição que eles apresentaram sobre polígono regular.

Eles construíram mais duas representações de quadrado, com a ferramenta polígono regular, para observar os padrões com o quadrado anterior. Reconheceram os elementos presentes em um quadrado. Mas, ao ser questionados – se todo

polígono regular de 4 vértices, construídos desse modo teria a mesma representação, com a variação de apenas a medida dos lados – Paulo argumentou afirmativamente, pois a construção seguirá sempre o mesmo algoritmo. Quando Paulo falou o termo ‘algoritmo’, ele se referia ao modo pelo qual o GeoGebra produz a representação e não ao pilar algoritmo do pensamento computacional.

Paulo trouxe, em sua fala, que tudo no cotidiano segue padrões e a união deles gera outras formas e ações do dia a dia. Sendo assim, para o estudante, se todo polígono regular é construído por um algoritmo – que une os padrões identificados, por eles, na definição de polígono regular e há uma variável que é a quantidade de vértices – então, sempre que essa variável for 4, todas as figuras serão as mesmas, o que pode mudar é tamanho do segmento de reta.

A fala de Paulo foi propícia para que eu questionasse sobre o retângulo construído anteriormente, nomeado como regular. Para ele, a ferramenta polígono regular está programada para fazer somente quadrados, ao invés de construir todos os demais tipos de polígonos regulares de 4 lados. O estudante complementou:

Paulo: Como, por exemplo, o trapézio. Trapézio pra mim também é um polígono regular, pra combinar com o algoritmo. Até agora ele não fez isso. Pra mim o algoritmo tá certo, e ele tá dentro da minha definição.

Elie: dentro dessa preposição que você está trazendo pra mim, pra você, só para deixar claro, qualquer figura de quatro lados, não importa se tem a mesma medida de lado ou não, se for simétrica, é polígono regular?

Paulo: Exato.

Elie: E o que é quadrilátero?

Paulo: Quadrilátero é uma figura que possui 4 lados.

Elie: Então, todo quadrilátero simétrico é um polígono regular?

Paulo: Sim.

É evidente que, para Paulo, a presença da simetria se constitui em um elemento do conceito de polígono regular. A fim de verificar se essa definição se manteria com outros exemplos, recorri ao software Scratch para construirmos a representação de polígonos regulares. O momento era de oportunidade para a formação da ação no campo da linguagem externa, tendo como base o pilar algoritmo.

Iniciamos com a construção da representação de um quadrado, tarefa de ensino do item 1 do Apêndice H, para que eles pudessem se ambientar ao software. Foi importante as minhas orientações, mediadas por um polígono conhecido, que foi tema das discussões anteriores, A Figura 13 traduz a representação que eles construíram.

Figura 13. Representação de um quadrado no Scratch feito por Ana, Paulo e Otávio



Fonte: elaborado por Ana, Paulo e Otávio

Essa construção transcorreu de forma que eles decompuseram a definição em duas características: ângulos e lados, isto é, as mesmas elencadas anteriormente por Ana. Em cada parte decomposta, eles reconheceram os padrões presentes na definição, quais sejam: os lados com mesma medida e a soma dos ângulos internos ser 360° , que determina que cada ângulo interno terá 90° .

Com a percepção de que seria necessária a repetição de quatro vezes a mesma sequência de comandos para construir um lado e um ângulo, eles montaram o algoritmo de um padrão com os blocos: *mova* e *gire*. Na sequência, usaram o bloco de controle para repetir as necessárias quatro vezes. Esta foi a primeira vez que eles usaram o software *Scratch*, mas reconheceram a similaridade de sua linguagem ao de jogos e softwares utilizados fora do ambiente escolar. Além disso, Ana esclarece que faz parte dela a adoção de padrões em suas ações diárias.

Solicitei que explicassem as nossas produções até aquele momento com suas respectivas justificativas. Essa ação foi importante para eu verificar se a organização dos blocos contemplava uma sequência lógica e ordenada, mesmo que é uma característica própria do software *Scratch*. Ela apoiou a etapa em que se encontra a formação da ação dos estudantes, bem como permitiu a identificação, por meio das falas deles, do desenvolvimento dos pilares decomposição e reconhecimento de padrões.

Acresce-se, ainda, o olhar para a contribuição do pilar algoritmo na etapa da formação da ação no plano da linguagem externa. A justificativa para tais atenções está na atitude dos estudantes. Isso porque, ao invés de esquematizarem a organização lógica e ordenada das informações com as definições, eles recorreram aos signos. Ou seja, apoiaram-se nas palavras, cujo significados constituem os conceitos abordados, como: ângulo reto, lados congruentes, ângulos congruentes, entre outros.

O uso de signos e vocabulários, relacionados ao objeto do conhecimento, é essencial para a etapa da formação da ação no plano da linguagem externa. Mas, nesse momento, ainda não era garantido que eles estavam totalmente nessa etapa da formação da ação. Porém, como eu sabia qual o suposto lugar a chegar – devido ao estabelecimento do EBOCA – procurei estimular esse desenvolvimento. Naquele momento, reporte-me ao discutido na seção 4, que não se tratava de um processo linear, mas complexo em que uma etapa se estabelece concomitante à anterior e se desenvolve conforme a precedente deixa de ser necessária para o estudante.

Em seguida, iniciamos a tarefa de ensino, presente no item 3 do Apêndice H, correspondente à construção da representação de um triângulo equilátero, no software *Scratch*. Ela solicitava que os estudantes desenhasssem um triângulo equilátero e comunicassem, verbalmente, como foi realizada a sua construção, com detalhamento de cada passo. A representação da equipe pode ser observada na Figura 14.

Figura 14. Representação de um triângulo equilátero no Scratch feito pelo trio 1



Fonte: elaborado por Ana, Paulo e Otávio

No momento em que apresentei a tarefa de ensino, Otávio perguntou, aos colegas: qual era o triângulo equilátero. Paulo, imediatamente, respondeu que “triângulo equilátero é aquele que possui todos os lados iguais, ele é dois triângulos retângulos juntos” (Paulo, 2021).

Novamente, é possível perceber a associação que Paulo fez, mentalmente, com o estudo das simetrias. Considerou a existência de um eixo de simetria vertical que: divide um dos lados do triângulo em duas partes congruentes; forma sobre ele um ângulo reto; divide o ângulo oposto a esse lado em dois ângulos congruentes; determina dois triângulos retângulos. Esse conceito de simetria utilizado por Paulo se aproxima do que Bastos (2006) enuncia por simetria.

Bastos (2006), apresenta a compreensão do Grupo de Trabalho de Geometria da Associação Portuguesa de Matemática. Esse grupo de professores e pesquisadores compreendem a simetria de uma figura para além de uma transformação geométrica. Considerando figura como “um subconjunto de pontos’ do plano ou do espaço” (BASTOS, 2006, p. 9, grifo do autor), definem que “simetria de uma figura F é uma isometria T do plano que deixa a figura invariante, isto é, tal que $T(F) = F$ ” (BASTOS, 2006, p. 11).

Na Figura 15, há três imagens utilizadas por Bastos (2006) para exemplificar o conceito simetria. Na primeira figura à esquerda, há a transformação do ponto A no ponto B pela reflexão segundo o eixo e . Na figura localizada ao centro, há a representação indicativa de que não determina uma transformação segundo um eixo de reflexão do plano, pois a figura não se mantém invariante. Diferentemente do que ocorre na figura à direita, em que ao ser realizada uma rotação do plano com centro em O , obtém-se uma figura com o conjunto de pontos que a constitui, globalmente invariante.

Figura 15. Exemplos de figuras simétricas, segundo Bastos (2006)



Fonte: Bastos (2006, p. 10)

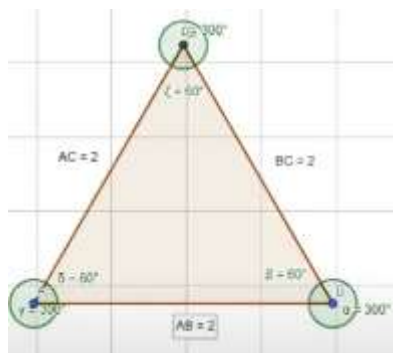
Retornando aos dados dessa investigação, ao finalizar, Otávio comentou que o triângulo ficou torto se comparado aos que ele vê nos livros. Paulo, rapidamente, argumentou que “ele vai ter a soma 360° . 120° mais 120° mais 120° é 360° . Logicamente, é um triângulo equilátero, certinho” (Paulo, 2021). A síntese de Paulo levou-me a questionar o trio sobre a soma dos ângulos internos de um triângulo ser 360° . Paulo respondeu que é esse valor, pois há dois triângulos retângulos dentro dele por causa da simetria e todo triângulo retângulo tem a soma dos ângulos internos sendo 180° . Logo, dois triângulos retângulos resultarão em 360° como sendo a soma dos ângulos internos do triângulo equilátero que eles compõem.

Nesse mesmo diálogo, Paulo convenceu os colegas que somente o triângulo retângulo possui a soma dos ângulos internos sendo 180° . Todos os demais tipos de triângulos a soma é 360° . Sendo assim, o triângulo retângulo não é polígono regular, mas os demais são. Claramente, há vários termos indicadores que eles ainda não saíram da fase dos complexos no processo de formação conceitual deles. Considero que Otávio e Ana aparentam um nível de conceito potencial no que se refere ao termo “polígono regular”.

Para aprofundarmos o conhecimento acerca da soma dos ângulos internos de um triângulo, propus a tarefa do item 3, Apêndice I, com o software GeoGebra. O objetivo foi de contrapor com as afirmações deles sobre os triângulos, durante a execução da tarefa de ensino com o software Scratch. Naquela oportunidade, requeria-se que os estudantes construíssem a representação de um triângulo equilátero e comunicassem, verbalmente, quais características identificadas após explorar as suas propriedades.

No GeoGebra, eles construíram um triângulo com as ferramentas polígono regular e ângulo. Eles encontraram seus ângulos internos e externos, como é possível observar na Figura 16.

Figura 16. Investigação das propriedades de um triângulo equilátero no GeoGebra



Fonte: elaborado por Ana, Paulo e Otávio

Inicialmente, passou despercebido o ângulo externo ao ângulo $\widehat{C}$, o que ocorreu em seguida. No momento em que esse ângulo foi obtido, Otávio deduziu que a soma dos ângulos internos do triângulo equilátero é 180° , pois todos os ângulos são congruentes e há três deles, o que traz a possibilidade de esse ser um conceito em potencial, no estudante.

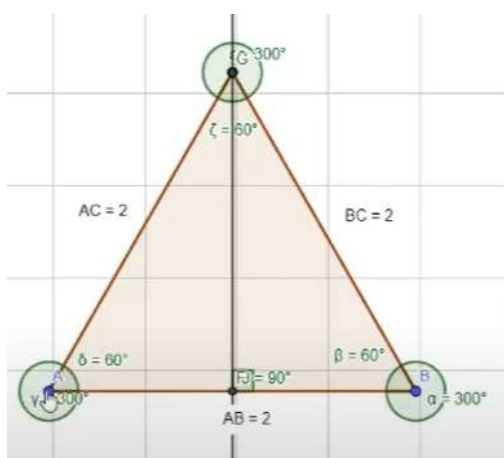
A fim de verificar outro ponto de sua definição, Ana usou a ferramenta centímetro, perímetro e distância para obter a medida dos lados desse triângulo. Assim, os três estudantes perceberam que estavam diante de um polígono regular que não tinha a soma dos ângulos internos igual a 360° , mas os lados eram congruentes. Tal achado, contradizia suas definições de polígonos regulares, mesmo sendo possível dividir a imagem em duas outras simétricas, conforme a definição de Paulo.

A respeito da simetria, Paulo construiu uma reta perpendicular ao segmento AB que também fosse bissetriz do ângulo $\widehat{C}$, de modo a obter dois triângulos retângulos simétricos (Figura 17) e verificou a soma dos seus ângulos internos. Os estudantes observaram que a soma dos ângulos internos de cada um dos triângulos retângulos era a mesma do triângulo equilátero (que imageticamente é maior). Vale lembrar que, no *Scratch*, usaram o ângulo de 120° para girar o ator e desenhar o ângulo do triângulo. Por decorrência, percebi que gerou uma contradição nas suas mentes, que despertou, entre eles uma curiosidade para saber o final dessa investigação.

Talízina (2000) enfatiza que a atividade de ensino precisa ser pensada, pelo professor, de modo que desempenhe a função de: motivar os estudantes para o processo de aprendizagem; orientar a atividade deles nesses processos ; ser o meio

pelo qual ocorrerá a formação da ação no plano mental. Essas características podem ser observadas nas tarefas de ensino, apresentadas nesta tese. Porém, ao caráter motivador, eu atribuo, de certa forma, às tarefas de ensino que levam esses estudantes a um ponto que conecta com o ambiente cultural que eles vivem. Este também é um dos pressupostos a serem considerados no estabelecimento do EBOCA.

Figura 17. Investigação das propriedades de dois triângulos retângulos formados internamente a um triângulo equilátero no GeoGebra



Fonte: elaborado por Ana, Paulo e Otávio

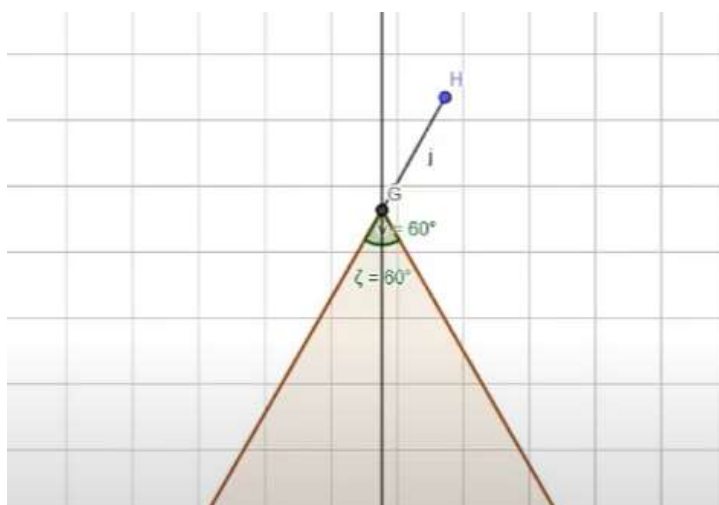
As contradições, mencionadas anteriormente, foram preconizadas por Vygotski (2014 – Tomo II; Tomo VI) como essencial no papel do pesquisador que utiliza seu método para investigar o desenvolvimento cognitivo. Por meio delas, o pesquisador pode alcançar a totalidade do objeto em processo de investigação, a fim de encontrar as raízes do desenvolvimento atual e potencializar o desenvolvimento próximo que, no nosso, foi estabelecido pelo EBOCA.

A busca por um padrão para a soma dos ângulos internos de um triângulo, proporcionou o início da investigação referente ao motivo pelo qual, ao adotar software *Scratch*, eles usarem o ângulo 120°. Nesse momento, ficou evidente como a organização do processo de construção no *Scratch*, em uma sequência lógica e ordenada, apoiou a comunicação entre eles. Trava-se de um nível de compreensão, em que, nas suas interações, utilizam signos vinculados ao objeto de conhecimento.

Além do algoritmo, criado no software *Scratch*, o trio de estudantes estruturou suas ideias sequencialmente em uma folha e, ao segui-la (pilar algoritmo), lembraram que a adoção de 120° , como a medida de ângulo, foi pelo fato de considerar que todos os polígonos regulares têm 360° como soma dos ângulos internos. Logo, 360° dividido por 3 ângulos resulta em 120° para cada um deles. Mais uma vez, demonstra-se como que esse pilar pode apoiar o momento de formação da ação no plano da linguagem externa, uma vez que se estabelece no campo do pensamento verbal.

Os estudantes analisaram os dados dos dois softwares e compararam as construções realizadas. Na Figura 18, observa-se que eles construíram o segmento $\overline{GH}$, em que o ponto G coincide com o ponto C. Consideraram que o ator do Scratch estaria caminhando pelo segmento $\overline{AB}$ do GeoGebra. Mas, para girar e deslocar sobre o segmento $\overline{GB}$, ele precisaria caminhar desde o início do segmento $\overline{GH}$ para conseguir fazer a volta e iniciar o trajeto do segmento $\overline{CB}$. Com essa comparação, Otávio deduziu que o ângulo 120° , no Scratch, não corresponde ao ângulo de 60° do GeoGebra, mas sim ao ângulo do giro externo à figura.

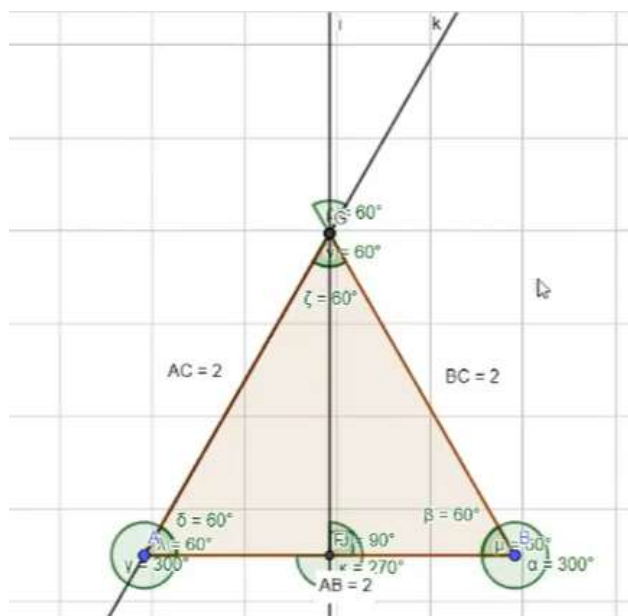
Figura 18. Interpretação, no GeoGebra, do trajeto construído no Scratch



Fonte: elaborado por Ana, Paulo e Otávio

Ao adotar a ideia de simetria, Paulo localizou o ângulo oposto ao $\widehat{ACB}$ (Figura 19) para, então, encontrar que o ângulo $\widehat{HGB}$, isto é, que o ângulo suplementar de $\widehat{C}$ mede 120° , sendo o ângulo externo utilizado na construção no software Scratch.

Figura 19. Construções auxiliares para obter o ângulo suplementar ao $\widehat{C}$



Fonte: elaborado por Ana, Paulo e Otávio

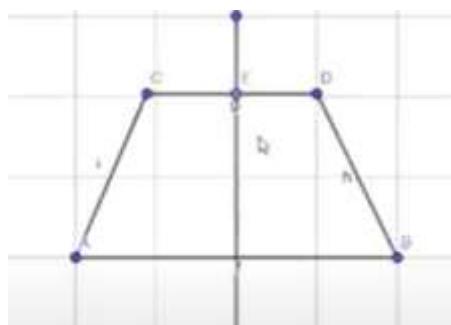
No diálogo entre Paulo e Otávio sobre a conclusão obtida, Paulo conjecturou que a soma dos ângulos internos de um triângulo é 180° e a soma dos ângulos externos de um triângulo é 360° – então teriam que alterar a definição inicial, presente no Quadro 6. E assim, encerra-se o segundo encontro, com a elaboração da seguinte definição: *Todo polígono regular é simétrico, possui a soma dos ângulos internos, ou em casos específicos, externos, sendo 360° , como é o caso do triângulo equilátero.*

É possível observar que Otávio e Ana se renderam ao argumento de Paulo, sobre a simetria presente na definição de polígono regular, mesmo eles tendo sido contrários, até então, como descrevi e discuti, anteriormente. E, ainda, percebe-se a insistência em manter, na definição, que há uma soma de ângulos que resulta em

360°, seja externo ou interno. Ou seja, mesmo com um exemplo diferente do quadrilátero e do pentágono, visto anteriormente, ainda não abstraíram os atributos essenciais do conceito, que é característica principal para trilhar a terceira fase da formação conceitual.

Outro detalhe, é que Ana e Otávio concordaram com a nova escrita da definição de polígono regular, ou seja, decidiram em retirar a afirmação de que os lados do polígono deveriam ser de mesma medida. Ao iniciar o terceiro encontro, em que retomo a referida definição, levei esse questionamento a eles e Otávio argumentou: “ele só é simétrico se tiver todos os lados de mesma medida. Se não for simétrico, ele não terá todos os lados de mesma medida” (Otávio, 2021). Corroborando com o colega, Paulo construiu um trapézio no GeoGebra (Figura 20) para explicar a afirmação de Otávio, o que desencadeia o diálogo:

Figura 20. Representação de um trapézio composto por outros dois trapézios simétricos



Fonte: elaborado por Ana, Paulo e Otávio

Paulo: A parte do simétrico e pela definição de ontem, como eu disse, é quando eu tenho uma forma e ao cortar no meio terei duas formas iguais. Aqui a gente pode notar que o lado superior é menor que o lado inferior. Então se eu pegar e traçar uma reta aqui [ele insere a reta perpendicular ao segmento $\overline{CD}$ e que passa pelo ponto E]. Finge que está certinho, está no esquadro! Cortei no meio. **Aqui [indicando o trapézio retângulo que contém o segmento $\overline{AC}$] eu tenho uma parte igual a essa [indicando o trapézio retângulo que contém o segmento $\overline{DB}$], não tenho?**

Otávio: Tem!

Paulo: **Então, eu posso considerar esse trapézio [ABDC] um polígono regular.**

Otávio: Mas ele é um trapézio regular? É isso que eu queria saber!

O questionamento de Otávio, no diálogo anterior, sobre o trapézio da Figura 19 ser um polígono regular, demonstra que ele não está certo de que a presença de figuras simétricas, na região do polígono em análise, caracterize que este é regular. A discussão, acerca dessa incerteza de Otávio, é corroborada com a fala anterior em que ele relacionou a simetria com a medida dos lados do polígono ser congruente.

Desse modo, o que Otávio compreendeu por simetria, após falas incisivas de Paulo, não é o mesmo significado atribuído por Paulo, em suas falas. Quando Paulo demonstrou o que ele considera por simetria, gerou inquietação em Otávio. Em resumo, Paulo adota o conceito simetria, enquanto Otávio considera que só há simetria, quando todos os lados do polígono possuem a mesma medida.

A insistência de Paulo na simetria como parte da definição de polígono regular, fez com que eu procurasse a identificar a origem dessa percepção. Segundo o estudante, a ideia de simetria vinculada a polígono regular é resultante das aulas de Matemática que ele teve, em 2021. O estudante lembra que, nos exemplos sobre simetria, havia imagens como as dos polígonos que discutimos em nossos encontros.

Na rede estadual de Educação do estado de São Paulo, o material didático, em 2021, era o Aprender Sempre. Porém, é possível que o professor tenha recorrido aos livros didáticos do PNLD e outros para incorporar mais exemplos, tarefas e conceitos teóricos. Não investiguei se houve o uso de outros materiais, pela professora de Matemática desses estudantes. Mas, em sua análise de três livros didáticos de Matemática acerca do estudo da simetria, Sousa, Guimarães e Amaral-Schio (2021) relataram que, em tal conceito, está presente a ideia de ter um segmento de reta que divide a figura em duas partes que se sobrepõem, ao serem dobradas. Desse modo, alimenta a ideia de ter uma dobra. Ao observar os exemplos que esses pesquisadores apresentaram, é possível observar a presença de polígonos, como o retângulo.

Na fala anterior de Paulo e em outras que ainda serão apresentadas nesta seção, é/será possível observar que ele considera simetria como sendo somente

aquela que se refere à reflexão. Esse aspecto foi questionado por Sousa, Guimarães e Amaral-Schio (2021), por ser decorrente de um ensino atual de Geometria, sustentado por tarefas repetitivas, como determinar o eixo de simetria vertical e horizontal, que não promove a ampliação do repertório dos estudantes. Essa falta de repertório, segundo Morelatti e Souza (2006), é resultado de um ensino de Geometria descontextualizado com situações da vida diária, como foi discutido, anteriormente.

No diálogo em análise, ao ser questionado sobre a obrigatoriedade de ter lados de mesma medida, Otávio resgatou recordações de anos escolares anteriores, em diz ser necessária essa característica para que a soma dos ângulos internos do polígono seja 360° . É interessante observar que um contraexemplo para a colocação de Otávio é o retângulo, abordado no encontro anterior, em que discutimos se a sua representação construída, no GeoGebra, seria ou não um polígono regular, e ele foi comparado com a representação de um quadrado.

Na ocasião, Otávio e Ana insistiram que o retângulo não seria um polígono regular por não ter todos os lados congruentes. E, agora, essa mesma representação se tornou um contraexemplo para a nova afirmação de Otávio, pois o retângulo não possui todos os lados congruentes e a soma dos ângulos internos é igual a 360° .

Com essas contradições, Otávio e Ana trazem à tona a condição de que todos os lados tenham a mesma medida. Por isso, discordam do que Paulo considera por simetria, pois não tem o mesmo significado. Sendo assim, para Ana e Otávio, o trapézio e o retângulo não são regulares, mas o quadrado é. Para Paulo, todas essas figuras geométricas são polígonos regulares.

Aqui fica evidente a importância desse movimento dialético, presente nas interações entre pesquisador e sujeitos da pesquisa, direcionado pelas contradições. Sem a intencionalidade de não considerar os dados de modo superficial, como são produzidos à primeira vista, ao final do encontro, eu teria concluído que todos consideravam que o polígono é regular se for possível estabelecer dois outros polígonos menores e simétricos em sua superfície. Evidencia-se, mais uma vez, a importância do método de dupla-estimulação em pesquisas sobre o desenvolvimento cognitivo do indivíduo.

Ao término do segundo dia de produção de dados, a afirmação incisiva de Paulo acerca da simetria provocou, em mim, como pesquisador, uma reflexão sobre as condições necessárias para promover o desenvolvimento do conceito científico de polígonos regulares. Nesse caso, a preocupação seria causar contradições a

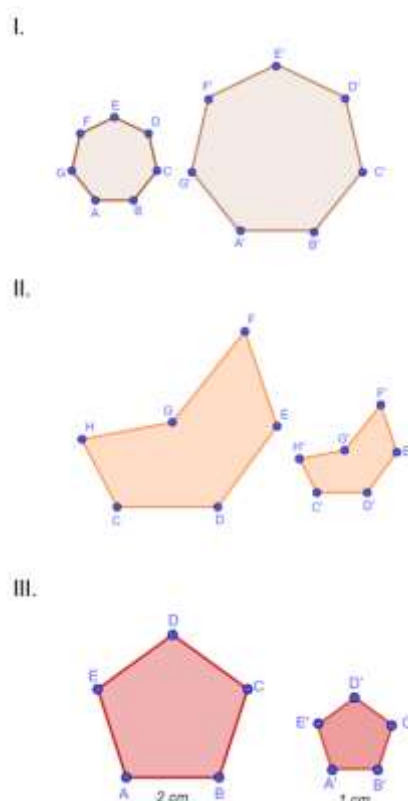
afirmações de Paulo, que o colocasse em movimento de pensamento para buscar argumentos sedimentadores ou superadores de sua concepção. Ao mesmo tempo, promover uma tomada de consciência sobre tais características do objeto de conhecimento. Também, entender a percepção da origem da ideia de que polígonos são regulares somente se puder ser obtidas duas outras figuras simétricas, a partir dele mesmo, com medidas diferentes.

Desse modo, para esse grupo, foi elaborada a tarefa de ensino do Apêndice K, com o intuito de promover uma reflexão sobre os conceitos de semelhança e simetria. Tudo decorre das justificativas de Paulo, que me causavam as seguintes dúvidas: estaria, ele, confundindo as definições desses dois conceitos junto com o de polígono regular? Ali, estaria a origem da sua percepção de que, para ser regular, o polígono não precisaria ter todos os lados de mesma medida, que é uma das características dos polígonos semelhantes.

Ao observarem os pares de polígonos do Apêndice K, iniciamos um diálogo sobre polígonos semelhantes e polígonos regulares. A busca era pelo reconhecimento de padrões para decompô-los com base em suas características. Inicialmente, eles não sabiam quais eram polígonos regulares. Paulo afirmou que: “se forem polígonos regulares, então são semelhantes” (Paulo, 2021). Para o trio de estudantes, duas figuras são semelhantes se tiverem as mesmas características, isto é, mesmo formato, que é decorrente de terem ângulos congruentes, e podem ter medidas dos lados diferentes.

Porém, até o momento, Paulo também afirmava que se puder dividir o polígono em dois polígonos simétricos, então, ele é regular. Assim, questionei se, quando houver essa relação de simetria, o polígono também passa a ser considerado simétrico, pois há essa relação de ambos os termos com o conceito polígono regular. A afirmativa do meu questionamento e a negativa consolidada por eles – “se não tiver simetria, não é polígono regular, então, não poderá ser semelhante” (Ana, Paulo e Otávio, 2021) – retomamos às imagens da tarefa de ensino para que eles validassem ou refutassem essas ideias. Tais imagens estão agrupadas na Figura 21.

Figura 21. Polígonos da atividade de ensino do Apêndice K.



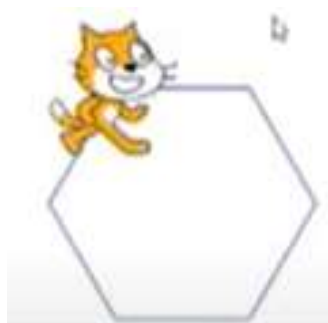
Fonte: elaborado pelo pesquisador

Ao reconhecer padrões com base nas características sob as quais eles decompuseram os polígonos, as alíneas I) e III) corresponderam a afirmativa de Paulo, validada por Ana e Otávio. No entanto, a alínea II) provocou uma contradição, pois não conseguiram dividir os polígonos em duas partes simétricas. Logo, segundo a definição deles, não seria um polígono regular.

Sendo assim, também não poderia ser semelhante, mas os polígonos CDEFGH e C'D'E'F'G'H' são semelhantes. A partir dessa ação, teceram diversas conjecturas, das quais destaco duas: não precisa ter a divisão em dois polígonos simétricos para serem regulares; e a de que todo polígono regular é simétrico, pois para eles esses dois quadriláteros não são regulares.

Acerca da primeira conjectura, desenvolvi com eles a tarefa de ensino do item 4 (Apêndice H) e item 4 (Apêndice I) de modo que diminuísse a dependência da representação da ação, no campo material, e o aumento da formação da ação no campo da linguagem externa. Eles construíram a representação de um hexágono regular, no software *Scratch*, com um movimento angular de 60° , o que obteve a imagem apresentada na Figura 22.

Figura 22. Representação de um hexágono regular no software *Scratch*

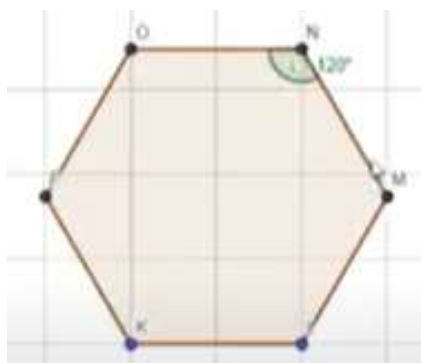


Fonte: elaborado por Ana, Paulo e Otávio

Ao construir esse polígono regular, reforçaram a proposição inicial de que a soma dos ângulos internos de um polígono regular é 360° . Adotaram como referência o pilar algoritmo para organizar seus pensamentos e para a comunicação entre eles. Para mim, permitir a clareza sobre o pensamento desenvolvido por eles.

No entanto, ao realizar a tarefa de ensino do item 4 (Apêndice I), observaram que a soma dos ângulos internos de um hexágono regular é 720° , dado que todos os ângulos são congruentes e, cada ângulo interno, mede 120° , como se observa na Figura 23.

Figura 23. Representação de um hexágono regular no software GeoGebra



Fonte: elaborado por Ana, Paulo e Otávio

Diferentemente dos outros momentos, o trio de estudantes não precisou obter a medida de todos os ângulos internos para concluir, rapidamente, que todos seriam 120° , que resulta em uma soma de 720° . Por decorrência, admito que compreenderam, de forma mais profunda, o significado de ângulos congruentes e o internalizaram como uma das características dos polígonos regulares. Portanto, há uma indicação de um caminhar rumo à formação da ação no campo da linguagem externa, proporcionada pela decomposição do polígono, de acordo com suas características, e de reconhecimento de padrões.

Ao confrontar as duas imagens (Figura 22 e Figura 23), Paulo e Otávio decidiram investigar o ângulo externo associado a um vértice do hexágono regular. Ao obter a medida 60° , perceberam não ter necessidade de verificar os demais, pois reconheceram que há um padrão em todos os vértices. Logo, todos os ângulos externos medem 60° e a soma desses ângulos é 360° . Em seguida, Ana lembrou que, quando construíram a representação de um triângulo equilátero (Figura 14) no *Scratch*, também usaram o ângulo externo que, na ocasião era 120° , cuja soma das medidas de todos os ângulos resulta em 360° .

Esse processo de tomada de consciência sobre o objeto, foco de estudo, é importante para a transição, não linear, da formação da ação no campo material para o campo da linguagem externa. Como descrito na seção 4, trata-se de um momento em que linguagem e pensamento se conectam e possibilitam, ao estudante, a tomada de consciência da sua ação mediadas pelas operações intelectuais, produzidas por meio da experiência externa e pela generalização da palavra.

A importância de desenvolver as diversas tarefas de ensino, que induzem contradições e reflexões entre os estudantes, está no fato de ser por meio delas e das interações (mediadas pela linguagem) com os pares, que a ação no plano material se torna condição para atingir o plano mental. Essa função psíquica superior passa a regular a atividade dos estudantes e permitir que eles comuniquem com seus pares as suas ideias e se apropriem de significados, que os possibilitam transitar entre diferentes tarefas, como ação comunicativa própria do sujeito e não com base nas reflexões das ações materiais (TALÍZINA, 2001; GALPERIN, 2001).

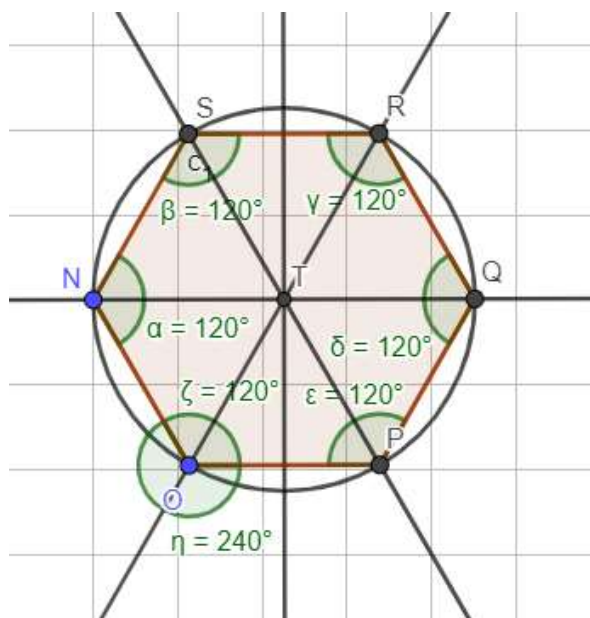
Na transição das ações materiais para as ações no plano da linguagem externa, o trio de estudantes percebeu que precisariam alterar a sua última definição do conceito polígono regular. Na anterior, eles consideraram que *todo polígono*

regular é simétrico, possui a soma dos ângulos internos, ou em casos específicos, externos, sendo 360° , como é o caso do triângulo equilátero. Após as reflexões tecidas e discutidas, compreenderam que inicialmente o hexágono regular também é uma exceção para a soma dos ângulos internos ser 360° .

A partir dessa observação, eles questionaram se haveria alguma relação entre o triângulo equilátero e o hexágono regular. Foi então, que comecei a dar atenção mais pontual para a oportunizar as condições ao desenvolvimento do pilar abstração. Com isso, identificariam os atributos essenciais e os usariam no processo de passagem do plano da linguagem externa ao plano mental.

Ana lembrou que todo polígono pode ser dividido em triângulos e quadriláteros. Assim procedeu, por meio do reconhecimento de padrões, para traçar quatro retas sobre o hexágono regular (Figura 24). Paulo reconheceu que era possível colocar uma circunferência circunscrita ao hexágono e assim o fez. Questiona: como é possível uma circunferência de 360° conseguir circunscrever um polígono que tem a soma dos ângulos internos igual a 720° ?

Figura 24. Representação de um hexágono regular inscrito à uma circunferência no software GeoGebra



Fonte: reelaborado pelo autor com base na produção de Ana, Paulo e Otávio

A indagação e a estimulação de Otávio foram oportunas para que o trio de estudantes considerasse tal relação, que há com o grau 360° na definição de polígono regular. Dito com outros termos: não é a soma dos ângulos internos que resulta em 360° , mas a soma de cada ângulo externo com o respectivo ângulo interno. Com a identificação desse atributo, conjecturaram que, provavelmente, encontrariam outras exceções para além do triângulo equilátero e hexágono regular. Desse modo, o pilar abstração foi incorporado ao processo, o que possibilitou a reflexão acerca da definição que passaram a considerar: *todo polígono regular é simétrico e possui a soma dos ângulos externos igual a 360° .*

Para promover nova discussão, propus a tarefa de ensino – item 2 do Apêndice I – com o objetivo de construir a representação de um pentágono regular no software GeoGebra. Ao concluir o proposto pela tarefa, perceberam que cada ângulo interno media 108° . Portanto, validaram que a soma dos ângulos internos de um polígono regular não é 360° e que essa é a medida da soma de um ângulo externo com o respectivo interno.

Em seguida, eles atenderam o que lhes solicitara a tarefa de ensino do item 2 (Apêndice H). Construíram o algoritmo, no software *Scratch*, de forma otimizada. E, sem manifestação de dúvidas, concluíram que o ângulo do giro seria 72° , pois seria a medida do ângulo externo. Aqui, é possível perceber que o pilar abstração começa a proporcionar autonomia intelectual para eles. Isso reforça a aproximação que busco realizar com esta investigação no campo teórico: o desenvolvimento do pilar *abstração* como meio que possibilite a formação da ação do estudante no plano mental. Ao identificar os atributos essenciais, quanto ao ângulo externo e interno, ganharam mais confiança ao resolver o que lhes foi proposto.

Apesar de termos avançado com as tarefas de ensino dos Apêndices M e I, sobre o pentágono, Paulo ainda se mostrava inquieto sobre o questionamento de uma circunferência de 360° circunscrever um polígono regular, cuja soma dos ângulos internos é maior que 360° . Ele optou por decompor e reconhecer o padrão em cada umas das construções realizadas até o momento. Observou que a soma dos ângulos internos de um polígono regular aumenta em 180° , quando se adiciona um lado a mais ao polígono. No entanto, independentemente dessa observação, a soma dos ângulos externos é 360° .

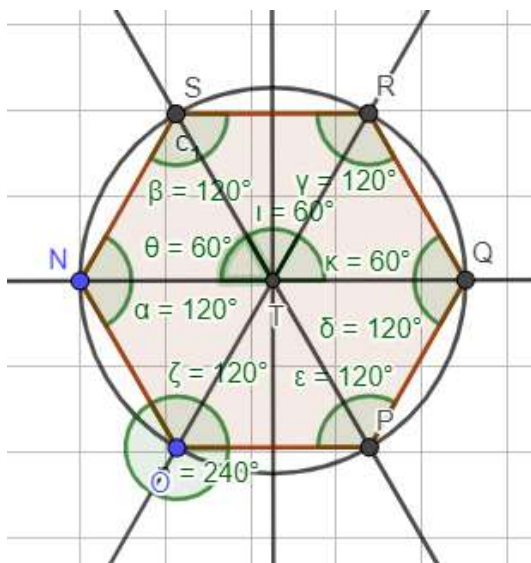
Ele organizou esses dados, por meio do pilar algoritmo; comunicou-se com os colegas, por meio dos signos do objeto de conhecimento matemático; apoiou-se

na sequência lógica e ordenada mental. Ou seja, com apoio mínimo de anotações no papel, o estudante elaborou a afirmação de que o valor da soma das medidas dos ângulos internos de um polígono regular é o produto entre 180° e a quantidade de lados do polígono. Trata-se, pois, de indício de que a ação caminha para sua formação no plano mental.

Mas, a inquietação acerca da circunferência circunscrita ainda estava presente. Ana e Otávio discutiram com Paulo sobre os motivos da divisão de 360° pela quantidade de lados do polígono dar certo no software *Scratch*. Isso foi motivado pela observação de Paulo no que diz respeito à quantidade de lados do polígono estar relacionada com o acréscimo de 180° à somatória dos ângulos internos, por exemplo, a soma dos ângulos internos de um triângulo é 180° . Ao acrescentar mais um lado, obtendo o polígono quadrilátero, teremos a adição de 180° à soma dos seus ângulos internos, obtendo 360° . Analogamente, com o pentágono teremos que a soma dos ângulos internos é 540° e, assim, sucessivamente.

Otávio sugeriu que observassem os padrões entre as construções realizadas no *Scratch* e no GeoGebra. Ele questionou se o girar 60° , na construção do hexágono regular no *Scratch*, não está relacionado à abertura do arco correspondente a cada segmento do polígono, quando observam a circunferência circunscrita a ele, no software GeoGebra. Ana resgatou um conhecimento prévio sobre o ângulo central do polígono ser a medida do arco correspondente ao ângulo. Para exemplificar, eles usaram o software GeoGebra (Figura 25).

Figura 25. Representação de um hexágono regular inscrito à uma circunferência com a medida de algumas partes do ângulo central



Fonte: elaborado por Ana, Paulo e Otávio

Como as retas que intersectam os vértices do hexágono não foram construídas de forma a garantir a centralidade do polígono, os valores de cada parte do ângulo central observado estão aproximados, mas, ao somar, obtiveram 180° . Por extensão, deduziram que a volta completa do ângulo central resulta em 360° , como é característico de toda circunferência.

Com base nessa observação, relacionaram com a forma que obtiveram o ângulo externo para girar o ator no Scratch e obter a representação do hexágono, que foi por meio da divisão de 360° pela quantidade de lados do polígono regular. Vale ressaltar que os próprios estudantes mencionaram o apoio do pilar algoritmo para que observassem e relembassem como foram obtidos esses valores, nos exemplos anteriores. Concluíram, portanto, que no software *Scratch* não consideram a soma dos ângulos internos igual a 360° , mas sim, o ângulo central do polígono, que sempre terá essa medida, por representar a volta completa de uma circunferência.

Essa reflexão durante a interação entre eles, mediada pelas suas falas, caracteriza o momento em que a experiência externa ganha representações mentais. É um momento ímpar, regulado pela linguagem, em que a ação se torna pertencente ao pensamento de cada estudante, que lhe permite a execução e o controle da ação de forma independente, aos seus pares (GALPERIN, 1986).

Estamos a caminho da transição entre a formação da ação no plano da linguagem externa e o plano mental.

Por se tratar de um momento individual, cada estudante desse trio apresentou sua definição referente ao conceito polígono regular, nos excertos.

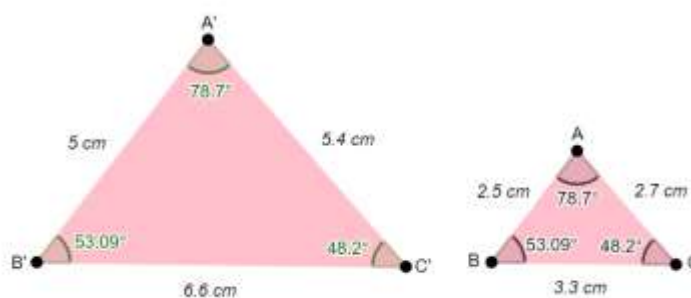
Polígono regular deve ser simétrico, deve ter arestas, vértices e a soma do seu ângulo central deve dar 360° (Paulo, 2021)

Polígono regular é um polígono que tem que ser simétrico, os lados terem a mesma medida e o seu ângulo central deve ser 360° (Otávio, 2021)

Polígono regular tem os lados de mesma medida e os ângulos também possuem a mesma medida, sendo que o ângulo central tem 360° (Ana, 2021).

Observa-se que Ana é a única que considerou que o polígono precisa ter ângulos congruentes e, como Otávio, admitiu que os lados precisam ter a mesma medida. Todos retiraram a medida da soma dos ângulos internos do polígono. Para confirmar as referidas definições, solicitei-lhes que analisassem a imagem da Figura 26 e dissessem se ambos os triângulos são polígonos regulares.

Figura 26. Triângulos escalenos semelhantes



Fonte: elaborado pelo autor

Apesar de terem apresentados as definições anteriores, todos consideraram que os dois triângulos da Figura 26 são semelhantes e são polígonos regulares. Ana e Otávio desconsideraram um componente da sua própria definição – que menciona os lados com medidas congruentes – o que demonstra que, apesar de outros conceitos secundários surgidos fossem definidos corretamente, o conceito de

polígono regular ainda poderia se caracterizar com pseudoconceito ou um conceito em potencial.

Minutos depois, Otávio pediu para retornar à imagem. Falou que não poderia ser polígono regular, de acordo com sua definição, como pode ser observado em exposição, a seguir.

A minha definição de polígono regular é que tem que ser simétrico e eles tem que ter a mesma medida, mas aqui não tem a mesma medida, então, não vão ser simétricos (Otávio, 2021).

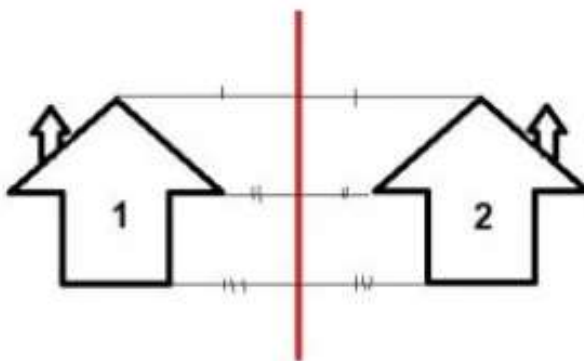
A análise do excerto ajuda a inferir que Otávio, novamente, usa o termo simétrico para representar um polígono que possui lados congruentes, diferente de Paulo. A preocupação analítica de Otávio pode ser um indício de que houve uma tomada de consciência sobre o objeto do conhecimento após sua resposta rápida inicial sobre ser ou não triângulos regulares. Com base na fala de Otávio, Paulo demonstrou que ainda tem dúvida se a simetria realmente caracteriza um polígono regular.

O contexto de dúvidas levou-nos a analisar três imagens simétricas (Apêndice L) para identificarmos as características de cada uma delas. A seleção dessas imagens foi fundamentada em Bastos (2006). A autora argumenta que

O conceito de simetria pode ser também a base para atividades [sic] de descrição e classificação de figuras geométricas, de **argumentação/demonstração ou, em níveis mais adiantados, de construção de figuras**. São exemplos de atividades [sic] desse tipo o **tratamento dos polígonos regulares como figuras geradas por livros de espelhos, ou seja, por reflexões**, a classificação dos quadriláteros quanto às suas simetrias, **a construção dos polígonos regulares inscritos numa circunferência**, ou se frisos e padrões por iteração de um conjunto de isometrias geradoras dessas figuras (BASTOS, 2006, p. 11, grifo nosso).

Os trechos destacados no excerto se aproximam do contexto que se inserem os dados da investigação. Paulo questionou se realmente todo polígono regular é simétrico. A dúvida surgiu, principalmente, quando ele observou a imagem da Figura 27, que é uma das imagens apresentadas segundo a definição de Bastos (2006). Contudo expôs a compreensão de que, ao analisar um polígono de forma isolada, não há uma imagem simétrica.

Figura 27. Imagem de uma casa e sua imagem simétrica por reflexão

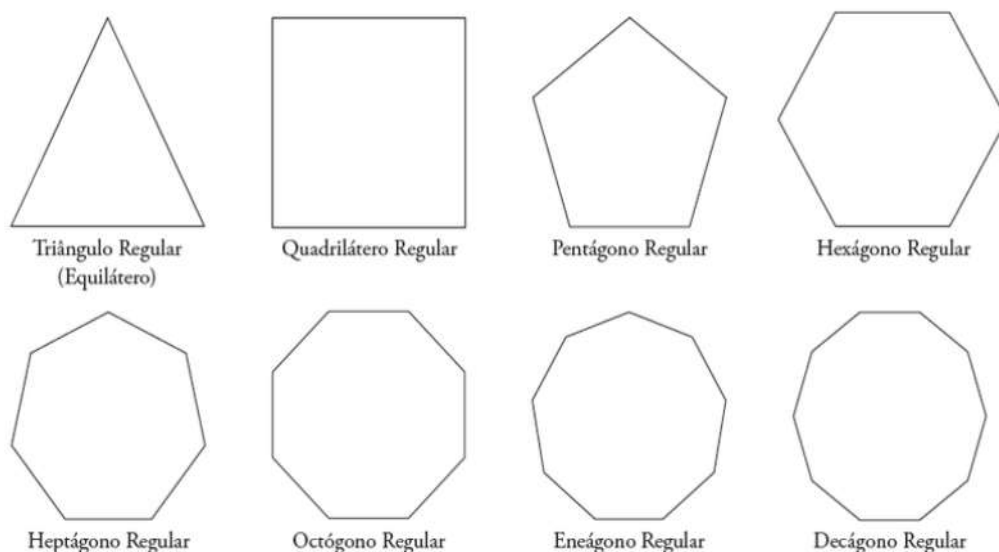


Fonte: cursoenemgratuito.com.br

Quando da investigação referente à relação da circunferência circunscrita ao polígono, Paulo levantou a indagação se o trapézio é um polígono regular, pois reconheceu um padrão em que os polígonos regulares, construídos no GeoGebra, tinham todos os seus vértices sobre a circunferência. Entretanto, o trapézio precisaria de sua imagem simétrica, por reflexão, para que isso acontecesse, o que geraria um hexágono (o estudante considerou um trapézio isósceles). Dessa forma, há uma diferença entre a possibilidade de obter a imagem simétrica e considerar que a imagem inicial pode ser dividida em duas simétricas.

Para incrementar o processo de reflexão, apresentei, ao trio de estudantes, a imagem de oito polígonos regulares (Figura 28). Paulo continuou sua análise e indica que, em todos esses polígonos, seria possível inserir uma circunferência circunscrita a eles, de modo que seus vértices estariam sobre a circunferência. Acrescenta que, em todo polígono regular, isso é possível sem a necessidade de prolongar a imagem, como seria necessário se fosse um trapézio. Posto isso, ele diz que o trapézio não é um polígono regular.

Figura 28. Representação de oito polígonos regulares



Fonte: São Paulo (2014 – 2017)

Na sequência, voltamos à análise das imagens do Apêndice L. Solicitei-lhes que observassem se sempre que unissem dois pontos da extremidade da figura, o segmento de reta gerado estaria sempre na região interna. Em seguida, propus que fizessem o mesmo com os polígonos da Figura 28. Como consequência, Paulo concluiu que, ser simétrico, não é uma condição para ser polígono regular. Acrescenta que todo polígono regular é convexo. Portanto, retoma à discussão do primeiro encontro, em que apresentei as imagens da Figura 8. Paulo assim se manifesta:

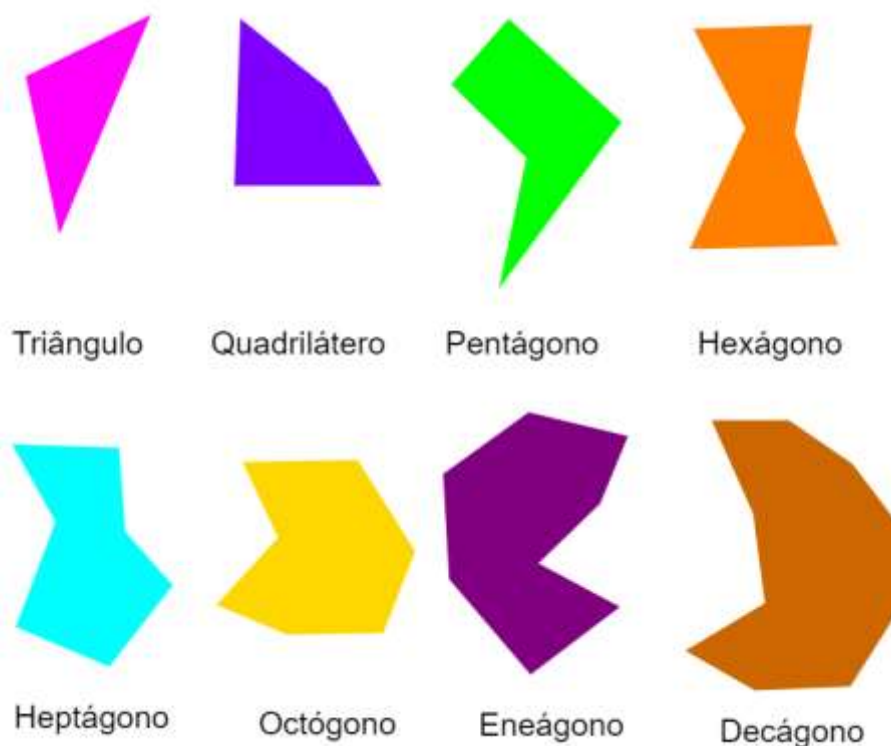
Agora que eu parei para provar que, depois que eu tirei a simetria da cabeça, eu percebi que para ele [polígono regular] caber dentro da circunferência, ele precisa ter os lados iguais, se não, não vai caber nunca dessa forma bonita de ter os vértices tocando ela [circunferência] (Paulo, 2021)

Esse movimento de Paulo, de avançar e retomar conceitos vistos anteriormente, é importante para sua própria tomada de consciência sobre o objeto do conhecimento. Também, para que, de fato, ocorra a formação da ação mental, de

modo a não permanecer no campo da superficialidade, isto é, sem criar as condições que os conduza para a formação do pensamento por conceito.

Ainda, com vistas à formação da ação no plano mental, apresentei a imagem da Figura 29, na qual consta as representações de polígonos irregulares associados à quantidade de lados dos polígonos da Figura 28. A apresentação e discussão dessa imagem, se constituíam em mais uma estratégia de promover o desenvolvimento de princípios necessários da atividade de ensino: a execução e o controle da ação, que são importantes para a formação da ação mental e do conceito (GALPERIN, 1986).

Figura 29. Representação de oito polígonos irregulares



Fonte: elaborado pelo autor

Dirigi-me a eles com a proposição de que argumentassem o porquê dos polígonos, da Figura 29, não serem regulares. A seguir, o diálogo tecido com eles, no momento:

Paulo: Ele é polígono, pois dá para reconhecer que tem o padrão de todo polígono que vimos, tem vértice, segmentos de reta, ângulos, embora não tenha as medidas, mas tem.

Otávio: Eles não têm lados de mesma medida.

Ana: Talvez o triângulo tenha.

Otávio: É...

Paulo: Não, ele não tem! Não tem os valores e isso dificulta, mas dá para perceber que é um triângulo isósceles porque aquele lado da base é menor.

Elie: Então, o fato de não terem os lados congruentes é um motivo para não ser classificado como polígono regular. O que mais?

Paulo: Não vai dar para colocar eles dentro de uma circunferência que pegue todos os pontos da figura, então isso significa que os ângulos também não são de mesma medida.

Ana: E se pegarmos dois vértices quaisquer e unir, vai ter alguns que passarão por fora.

Otávio: É! Eu estava aqui tentando lembrar o nome disso.

Elie: Isso que a Ana disse é característica de polígono convexo.

Otávio: Ele não é convexo.

Os trechos destacados, no diálogo, dão elementos para dizer que se trata de manifestações da formação da ação no plano mental. Ou seja, é a objetivação do que Galperin (1986; 1992; 2001) preconizou sobre essa etapa, isto é, que os três estudantes apropriaram, em nível mental, a orientação teórica que direcionou a elaboração do EBOCA. O argumento – para a afirmação da ocorrência tal apropriação – é próprio processo, vivenciado com eles, direcionado em todo o tempo pela BOA e o EBOCA. Também, pode ser observado pelo papel de orientação, que a ação mental assumiu na execução da última tarefa (Figura 29), isto é, de uma ação objetiva.

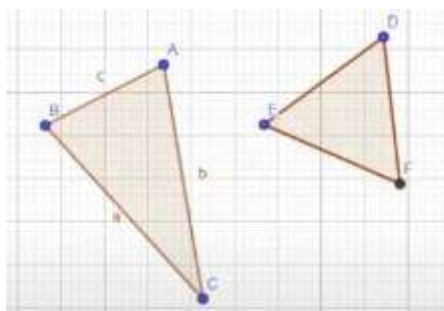
A geração dos estímulos e contradições – necessárias para promover esse desenvolvimento, consequência dos vários ir e vir, durante esse processo de formação da ação – saiu do plano material e se desenvolveu até o plano mental. Foram eles que conduziram, gradualmente, – por meio de tarefas com teor orientador – a interação com o outro e a adoção da estratégia de organizar o pensamento com base nos fundamentos da cultura da Computação. Como resultado, o conceito polígono regular se constitui em meio para a formação de outros conceitos

científicos, uma vez que, pelo diálogo anterior, é possível observar a sua caracterização como imagem ou representação do conceito.

7.2.2.2 Trio 2: Carol, Carlos e Julia

Esse trio seguiu um rumo diferente do anterior, como poderá ser observado. Iniciei a tarefa de ensino – que visava à criação das condições para a formação da ação no plano material – com a apresentação aos estudantes do software GeoGebra. Juntos construímos dois polígonos nesse ambiente digital (Figura 30).

Figura 30. Polígono regular e polígono irregular construído no GeoGebra pelo trio 2



Fonte: elaborado por Carol, Carlos e Julia

O triângulo ABC foi construído com a ferramenta polígono com medidas quaisquer, enquanto o triângulo DEF com a ferramenta polígono regular. Como descrito na seção 4 desta tese, as etapas propostas por Galperin (1986) não são lineares, são complexas e podem acontecer concomitantes. Assim, o intuito desta tarefa de ensino era acrescentar algo mais para a formação da ação no plano material, que pressuponho ter iniciado com questões presentes na tarefa de ensino anterior.

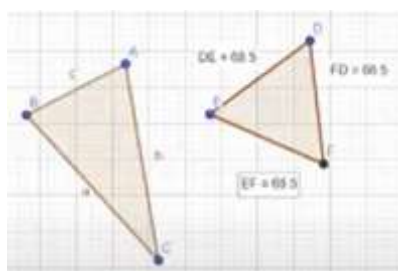
Ao serem questionados se há diferença entre os dois triângulos construídos, eles foram enfáticos na afirmação de que a diferença está no fato de um ser irregular e o outro ser regular. Para tanto, elencaram as características de cada um deles. Para investigar se os lados do polígono regular realmente têm a mesma medida, uma vez que eles obtiveram essa definição por meio de observações realizadas na formação da BOA, utilizamos a ferramenta centímetro, perímetro e distância.

No entanto, antes de concretizar a ação com a última ferramenta citada, Carol observou que, na Janela de Álgebra do software GeoGebra, apareciam as medidas dos segmentos e, também, os pontos que são os vértices dos polígonos. Ao observar

– que as coordenadas dos pontos D e E são diferentes e o segmento $\overline{DE}$ estaria com uma medida fixa, que era diferente dos valores apresentados nas coordenadas dos pontos citados – Carol concluiu que todos os polígonos são irregulares, mesmo que eles tenham construído o segundo polígono com a ferramenta polígono regular.

Carlos e Julia foram contrários a Carol. Ambos mantiveram firme com a definição elaborada, anteriormente, por eles e procuraram mostrar para Carol que o segundo polígono é regular. Carlos usou a ferramenta centímetro, perímetro e distância como argumento à Carol de que o segundo triângulo possui a mesma medida para os lados (Figura 31).

Figura 31. Medida do comprimento dos lados do triângulo regular com a ferramenta Distância, Comprimentos ou Perímetro do GeoGebra

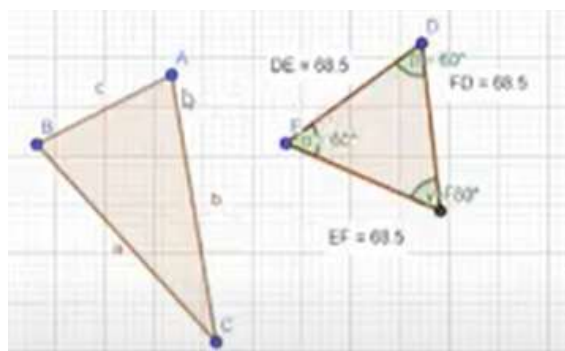


Fonte: elaborado por

Carol, Carlos e Julia

Além disso, Carlos e Julia utilizaram a ferramenta ângulo, do GeoGebra, para obterem as medidas de $\widehat{D}$, $\widehat{E}$ e $\widehat{F}$, a fim de verificarem se, no polígono regular, realmente os ângulos possuem as mesmas medidas (Figura 32). Tal confirmação foi necessária, uma vez que, nas tarefas anteriores, eles conjecturaram que teriam a mesma medida, apenas por meio da observação das imagens apresentadas, como é possível conferir na definição apresenta por eles, no Quadro 6.

Figura 32. Medida dos ângulos do triângulo regular com a ferramenta Ângulo do GeoGebra



Fonte:
e Julia

elaborado por Carol, Carlos

O mesmo processo foi realizado com o triângulo irregular para que eles conferissem a definição elaborada de polígono regular, em contraste às informações das medidas de ângulos e lados do polígono que não é regular. Dado o processo de formação da BOA, por parte dos estudantes, é possível reconhecer que a ação se consolidara no plano material. Segui com a proposição de outra tarefa de ensino para a formação da ação no plano da linguagem externa. Vale lembrar que as etapas formam um conjunto complexo e vivo de formação, que não é linear.

Para formar a ação, no plano da linguagem externa, utilizamos os softwares *Scratch* e GeoGebra. De início, apresentei e ensinei a usar as ferramentas básicas do software, bem como relembrar os conceitos matemáticos envolvidos em sua interface, tais como: plano cartesiano e coordenadas. Solicitei-lhes que desenhasssem, no palco do *Scratch*, a representação do quadrado.

Durante a sua construção, Carlos e Julia pontuaram que precisariam fazer um quadrado perfeito. O uso desse termo/expressão denota que se trata de um quadrado em que os ângulos fossem congruentes, bem como todos os lados tivessem a mesma medida. Ao ser questionada sobre a razão de ter um quadrado com essas características, Julia não apresentou a requerida justificativa. Carol pontuou que se deve ao fato de que todo quadrado é um polígono regular.

É perceptível que Julia ainda não assimilou o conceito de polígono regular, diferente de Carol que demonstra, até o momento, ter mais apropriação das características desse conceito. Vale chamar atenção para a falta de justificativa de Julia e o apontamento de Carol, pois serão necessários na discussão que será tecida adiante.

Eles, inicialmente, construíram o primeiro lado da representação do quadrado, com uso dos blocos para formar: o ângulo, o lado desse polígono, de caneta para que fosse feito um risco na tela a fim de formar a imagem de um quadrado enquanto o ator do software caminhava pela tela, segundo a programação realizada.

Inicialmente, explicitaram que o ângulo, a ser formado pelo vértice que faria a intersecção entre dois lados consecutivos, seria de 30° . Ao observar que o resultado não era o esperado, alteraram a medida para 60° e, depois, para 90° . Nesse momento é perceptível que a palavra “quadrado” ainda não se constitui um conceito potencial. Eles sabem qual é a imagem que a formar, mas não se atentaram para características do conceito. Se observarmos o Quadro 4, essa situação se justifica,

pela demonstração que eles possuem a compreensão da significância do signo, mas, ainda, não a apropriação do significado.

Quanto aos lados do quadrado, eles colocaram medidas diferentes para o comprimento dos dois lados consecutivos construídos, o que resultou em um triângulo, ao inserir um terceiro lado do quadrado sem que os ângulos estivessem todos com a mesma medida. A partir desse momento, iniciei uma interação como estratégia de criação de condições para a apropriação da Cultura da Computação, conforme se explicita no diálogo, a seguir.

Eliei: Qual é a característica do quadrado?

Julia: Reto e com linhas iguais.

Eliei: Ele tem quantos lados?

Julia: quatro.

Eliei: E vocês ali [se referindo à programação], colocaram quantos lados?

Carlos: um só, não é?

Eliei: Um só! Vocês não têm que colocar mais?

[responderam balançando a cabeça positivamente]

Eliei: Como vocês resolveriam se essa tarefa não fosse da escola, se ela fosse de algo que vocês fazem lá fora, por exemplo, de um jogo?

Carol: Eu iria procurar entender do que se trata e pesquisar na internet uma solução ou **algo parecido pra eu me basear**.

Carlos: Ah! Depende, né?

Eliei: Por quê?

Carlos: Assim, quando eu to com meus amigos, a gente tenta não enrolar nas coisas, então cada um vai fazendo uma parte, mas sempre tem o João que é quem escreve bonitinho pra professora dar nota porque ela pede tudo detalhado.

Eliei: Não entendi! Poderia explicar?

Carlos: É assim, Eliei. O professor uma vez passou um trabalho, um desafio, não era de Matemática, era em grupo. Aí pensamos: vamos cada um fazer uma parte para acelerar. Só que aí, fomos decidir quem faria o que deu errado porque um começou a fazer a parte do outro no meio. Aí dividimos de novo, mas foi a Carol que fez a divisão do que cada um de nós faria e decidimos quem faria o que.

Elie: E como foi essa decisão da divisão das tarefas e como a Carol fez a divisão?

***Carol:* Eu fiz assim, lembrei do que tinha na aula e separei como o professor separou na explicação e aí perguntei quem sabia fazer o quê, e cada um dos meninos pegou uma parte, mas teve quem não fez direito.**

Elie: Ok, mas eles escolheram no sorteio quem faria qual parte?

***Carlos:* Não! Foi assim, cada um viu no que era bom e fomos pegando.**

Elie: E de onde veio essa ideia?

***Carlos:* Ah... sei lá... a gente sempre faz isso lá fora nos jogos, quando decidimos algo no WhatsApp, sei lá... é normal isso, né?**

Elie: Mas eu ainda não entendi onde entra o João nessa história. Quem é João?

Julia: É um menino da nossa sala.

***Carlos:* O jeito que a gente faz as coisas é diferente do jeito que a gente tem que fazer as coisas aqui na escola.**

***Elie:* Por quê?**

***Carol:* Porque se a gente contar pra professora o jeito que fizemos, eles vão achar que colamos, que não fizemos, porque fizemos rápido demais ou porque não fizemos como eles ensinaram.**

Carlos: É! É por isso que o João sempre escreve bonitinho do jeito que agrada o professor enquanto nós fazemos do nosso jeito a solução

Elie: Tá! Aqui eu quero que vocês façam do jeito de vocês, ok?

Observa-se que eles não relacionavam as suas próprias informações, que propuseram sobre o quadrado, ao desenharem a representação da figura na tela. Nas tarefas anteriores, conseguiram identificar a representação de um quadrado, bem como estabelecer uma definição para polígono regular. Entretanto, a ausência de abstração dos atributos essenciais do objetivo impossibilitou associarem esses conhecimentos com a construção no software Scratch. Vale destacar que a dificuldade não era decorrente do software, pois eu indicava quais seriam os blocos a utilizar, para que a discussão entre eles se centrasse apenas no conceito matemático, pois o uso do software Scratch não é objeto desta pesquisa.

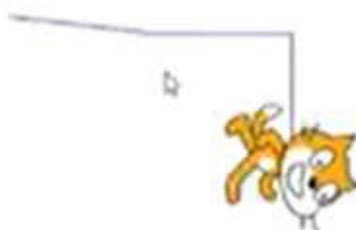
Ao serem questionados como fariam se essa tarefa não fosse realizada na escola, eles manifestaram um sentimento de que os processos são diferentes nos dois espaços. Quando Carol fala “algo parecido pra eu me basear” e “eu fiz assim, lembrei do que tinha na aula e separei como o professor separou na explicação”, significa que ocorre um reconhecimento de padrão.

Ao falar “eu fiz assim, lembrei do que tinha na aula e separei como o professor separou na explicação”, identifica-se em Carol, que se trata de um processo de decomposição e de reconhecimento de padrões. A fala de Carlos “quando eu to com meus amigos, a gente tenta não enrolar nas coisas, então cada um vai fazendo uma parte”, manifesta a ocorrência da decomposição. Há, também, a presença de uma cultura de otimização de processos, muito presente nas transformações sociais, causadas pela Computação.

A partir do momento da solicitação para que realizassem as tarefas de modo similar àqueles adotados fora do ambiente escolar, eles conversaram entre si sobre procedimentos a adotar e como construir a representação do quadrado. Decidiram por decompor o quadrado em quatro partes, pois identificaram que, em cada uma dessas partes, a direção do ator seria alterada e teriam de analisar cuidadosamente.

Optaram, em seguida, que cada um deles pensasse sobre como fariam um lado específico da imagem, por consequência geraria várias sequências lógicas e ordenadas (pilar algoritmo) de modo isolado. Após, uniram aquelas correspondentes aos dois primeiros lados consecutivos da representação do quadrado, obtendo a Figura 33. O resultado foi contado com outro pilar do pensamento computacional, o algoritmo, que é decorrente da decomposição.

Figura 33. Representação da construção de dois lados consecutivos do quadrado no software Scratch



Fonte: elaborado por Carol, Carlos e Julia

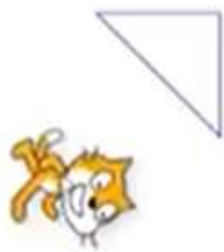
Apesar do envolvimento na construção de um algoritmo – porque o ambiente computacional escolhido assim requer – o pilar algoritmo, ao qual me refiro, é decorrente da produção de uma sequência lógica e ordenada das soluções dos problemas menores, a fim de obter a solução do problema maior. Reforço que o desenvolvimento do pilar algoritmo é decorrente do pilar decomposição. Este, por sua vez, realizou-se com base nas vivências dos estudantes, por ser algo que faz parte da organização das ações do seu cotidiano, isto é, presente em suas relações culturais.

Inicialmente, não a utilizaram por consequência das experiências que os retraiam para esse uso dentro da escola. Nesse sentido, vale referenciar Sanfors e Naidu (2016), Shute, Sun e Asbell-Clarke (2017), Labush, Eickelmann e Vennemann (2019), Kaminski e Boscarioli (2019) e outros autores citados, quanto à importância de disseminar essa cultura por meio de ações que buscam promover o desenvolvimento do pensamento computacional em contextos escolares. Trata-se de um modo de possibilitar, ao estudante, a atribuição de sentido àquilo que se produz fora e dentro desse ambiente.

Não é que tudo se resumirá em pensamento computacional ou deva ser desenvolvido sob esse aspecto, mas é uma forma de oportunizar, aos estudantes, as condições de se tornarem “capazes de discutir e opinar criticamente como cidadãos atuantes e participativos (KAMINSKI; BOSCAROLI, 2019, p. 145)”. Ao mesmo tempo, colocar os estudantes em movimento intelectual de atribuição de sentido aos conhecimentos que são produzidos dentro do ambiente escolar.

Ainda, no desenvolvimento da tarefa de ensino, os estudantes iniciaram um processo de análise do algoritmo em processo de construção. Naquele momento, o foco era explicar a razão pela qual houve o desenho de um traço que não pertence aos lados projetados da representação do quadrado (Figura 33). Em seguida, ao unirem mais um algoritmo menor, com o intuito de representarem um terceiro lado da figura geométrica quadrado, obtiveram o triângulo representado na Figura 34.

Figura 34. Representação do triângulo obtido ao tentar representar um terceiro lado do quadrado no software Scratch



Fonte: elaborado por Carol, Carlos e Julia

A adoção do pilar algoritmo foi fundamental para apoiá-los na organização do pensamento, a fim de torná-la visual, na comunicação entre eles e comigo, para mostrar em que pensam a respeito da resolução da tarefa.

Com o resultado obtido na Figura 34, antes mesmo de terminar de unir o último algoritmo menor que obtiveram, eles começaram a alterar os valores de todos os quatro algoritmos menores e a deletar, entre outros, o bloco da programação que realiza o movimento destinado à construção do lado do quadrado. Essa ação foi realizada porque a decomposição e organização sequencial das demais permitiram o reconhecimento do padrão que havia em todos eles, bem como a identificação de onde deveriam fazer as alterações.

Nesse momento, retomei com eles à questão em debate – o que é um quadrado –, a fim de auxiliá-los nessa construção e na aplicação do pilar reconhecimento de padrões, expressos no diálogo, a seguir.

Eliei: Pessoal, vocês já falaram, mas vamos novamente. Qual é a característica de um quadrado?

Carlos: Quatro lados iguais.

Eliei: E o que mais?

Carol: O ângulo.

Carlos: E o mesmo ângulo.

***Eliei:* Na programação de vocês tem quatro lados iguais?**

Apesar de responderem que deve ter quatro lados de mesma medida (erroneamente eles usaram o termo “igual”) e os ângulos congruentes, como características do quadrado, eles não as adotaram para desenhar a figura

geométrica quadrado no software, pois não consideraram que era necessário unir os quatro algoritmo com o mesmo padrão, referente aos lados e ângulos da imagem.

O trânsito – entre afirmações corretas a respeito das características do quadrado, de definir polígono regular e a não projeção das mesmas características para a construção dessa representação – é uma possível manifestação de que o conceito quadrado está ainda em nível de um pseudoconceito. Observa-se que eles falam termos que, no contexto, fazem sentido para mim, por ter o conceito formado.

Por outro lado, essa situação me leva à reflexão acerca do desenvolvimento do pensamento computacional. Ou seja, de trazer à tona, aqui, aquilo que apresentei na seção 4.6: a aproximação dos pilares decomposição e reconhecimento de padrões com a etapa de formação da ação no plano material, bem como do pilar algoritmo com a etapa de formação da ação no plano da linguagem externa. Naquela oportunidade, chamei a atenção para complexidade e a característica não linear dessa formação planejada dos conceitos e das ações mentais.

Em minha proposição, assim como a formação da ação na etapa da linguagem externa se inicia ao passo em que ela depende cada vez menos do apoio material. Aqui revela a importância da experiência material anteceder a experiência no campo do pensamento verbal, bem como da experiência dos pilares decomposição e reconhecimento de padrões anteceder a experiência do pilar algoritmo.

Essa percepção se deve ao fato de que o trio de estudantes iniciaram, de imediato, com o pilar algoritmo sem adquirir experiência mínima necessária nos outros dois pilares, sob a interferência do pesquisador, no processo de formação da ação mental. Os pilares do pensamento computacional, bem como vocabulários da cultura da Computação foram envolvidos na formação da BOA. Contudo, os dados indicam que o desenvolvimento do pensamento computacional também precisa ser planejado e organizado de forma que seus pilares sejam apropriados pelo estudante, em conformidade com o planejamento de formação da ação.

Não basta o desenvolvimento desse modo de organização do pensamento fazer sentido ao estudante, por se conectar com suas vivências em sociedade. É necessário prepará-los e formá-los para que essa estratégia de resolução de problemas, pautadas na cultura e nos fundamentos da Computação, sejam incorporadas de forma planejada nas ações internas do estudante.

Nesse processo de produção dos dados, retomei a definição de polígono regular, que eles elencaram na formação da BOA, e solicite-lhes que a usassem como norteadoras das suas construções. Novamente, eles optaram por otimizar o processo, com a construção de cada parte de acordo com a definição de ângulos de mesma medida e assim também os lados.

Eles construíram, novamente, os quatro lados da figura geométrica quadrado de modo isolado, Mas, na junção dos algoritmos menores, para obter a representação do quadrado, apresentaram a ação com ausência de abstração dos atributos essenciais dos ângulos de um quadrado. Isso ocorria porque usavam dois blocos diferentes: um indicava a formação do ângulo para a direita e outro para a esquerda. Logo, quando juntaram os algoritmos, o resultado não era o quadrado que conheciam.

Apesar de minhas orientações, quanto à direção do giro que o ator realizava para formar o ângulo, eles não alteraram o bloco, mas sim a medida do ângulo. Isso evidencia que o signo quadrado não era um conceito. Eles tinham a imagem quadrado em suas mentes, mas a palavra quadrado ainda não era um conceito potencial. Por consequência, não reconheciam os padrões, pois o estímulo se voltava para a utilização do software de programação e não em investigar o objeto do conhecimento matemático.

Realinhamos as expectativas por meio de um diálogo reflexivo sobre o que estava sendo produzido por eles nessa interação. Com a decisão de permitir que continuassem buscando desenvolver o pilar algoritmo, sem antes terem diminuído a dependência da ação no plano material, começamos a focar no objeto do conhecimento. Nesse momento, meu intuito passou a ser a validação ou refutação da discussão tecida nos parágrafos anteriores.

Eles começaram a considerar que, se uma volta completa de um ângulo tem 360° , então, para formar a sua metade, teriam que considerar 180° , como é possível observar na Figura 35. Para que o ator caminhasse no sentido horizontal do palco do *Scratch*, eles consideravam que teria que formar um ângulo raso, isto é, omitiram o ângulo do quadrado por considerar a informação de que todo ângulo raso está presente em um segmento de reta.

Figura 35. Representação de dois lados consecutivos do quadrado



Fonte: elaborado por Carol, Carlos e Julia

Solicitei que verificassem se a definição de polígono regular estava sendo considerada na construção. Carol percebeu que, na programação, colocaram para o ator girar para a direita e para a esquerda 90° , mas depois colocaram o bloco girar para a direita duas vezes com 180° . Ao comparar, ela propôs inserir a medida de 90° , com a justificativa de que todos o ângulos de um polígono regular possuem a mesma medida. Com isso, o início da representação do quadrado deu certo (Figura 35).

Aqui está evidente um modo de ação com ausência de abstração dos atributos essenciais de um quadrado. Como decorrência, se apresenta a necessidade de formação da ação ainda no plano material, pois ainda não estabelecem a relação entre a definição de polígono regular com o quadrado. Por isso, que a representação do quadrado ocorreu por tentativa e erro.

Isso evidencia, mais uma vez, que o pilar algoritmo precisa ser propiciado concomitantemente com a formação da ação no plano da linguagem externa e não no plano material. Vale reafirmar que essa formação da ação é fomentada no plano da linguagem externa, em coexistência com o desenvolvimento do pilar algoritmo.

Para a identificação das características do quadrado, iniciei o diálogo descrito, a seguir, de modo a estimular a decomposição, reconhecimento de padrões e algoritmo, como forma de apoiar o desenvolvimento da abstração.

Elie: Pessoal, vou falar de novo. Olhem a definição que vocês me deram sobre polígonos regulares. Essa programação está coerente com a definição de vocês?

Carlos: Tá? Mesmos ângulos, mesmas linhas.

Elie: Olhem os blocos que dizem respeito a cada um deles.

Julia: 90, 90, 90, 90.

Carlos: Tudo 90°.

[silencio]

Eliei: Mas os blocos estão iguais? O início faz certo, por que dá errado no final?

Carol: Vamos tentar reconhecer o padrão, então!

Carlos: Dá para ver que ele repete.

***Eliei:* Pessoal, o quadrado é um polígono regular?**

***Julia e Carol:* Sim!**

***Eliei:* E qual é o padrão de todo polígono regular?**

***Julia:* Ângulos de mesma medida e linhas de mesma medida.**

***Eliei:* Então, por que vocês não estão seguindo o padrão?**

***Carlos:* eu acho que entendi o que você quis dizer! Não é tudo igual os graus. Ou será que é?**

Este diálogo e as experiências até esse momento evidenciam que eles articula polígono regular e quadrado sem, de fato, reconhecerem seus atributos essenciais. Na seção 3, ao abordar a relação da formação de conceitos em Vygotski com o desenvolvimento do pensamento computacional, discuti o conceito de abstração. Para tanto, evidenciei que, nesta tese, considero que o pilar do pensamento computacional está vinculado ao pensamento abstrato que o indivíduo desenvolve na formação do seu pensamento conceitual.

Nesse caso, com Carlos, Carol e Julia, temos o desenvolvimento dos outros pilares do pensamento computacional no que se refere ao estudo do conceito matemático quadrado, mas não há a presença, ainda, do pilar abstração. Isso pode apoiar a relação proposta na seção 4.6 de que tal pilar está envolvido com a etapa de formação da ação no plano mental.

No entanto, como pode ser observado, faz parte da vivência deles de apoiar seus pensamentos em características desses pilares, que estão impregnados na sociedade por meio das transformações culturais, ocasionadas pela ação humana sobre a Computação.

Portanto, assim como elenquei em seções anteriores, com fundamentos em Bars e Stephenson (2011), entre outros, o fomento do desenvolvimento dos pilares do pensamento computacional anterior à abstração, é passível de ser uma das condições para o desenvolvimento desse último pilar, como será discutido, a seguir. Isto é, o reconhecimento de padrões e a decomposição se constituem em

possibilidades para o desenvolvimento de um raciocínio sequencial, devidamente ordenado e lógico, Por decorrência, contribuirão para o desenvolvimento da abstração, que é o primeiro passo para a formação do conceito, no indivíduo.

Solicitei que eles anotassem os motivos de terem decomposto o problema da forma que apresentam, ou seja, consideraram cada lado da figura geométrica quadrado. Também, propus que unissem as soluções de cada parte decomposta, de acordo com as anotações que fizeram, como forma de apoiá-los na lógica do algoritmo. As minhas interferências se respaldavam na afirmação de Vygotski (2014 – Tomo II) de que a abstração é característica da terceira fase da formação de conceitos, marcada pelo pensamento formal e lógico da dialética materialista.

Ao desenvolver essa ação, os estudantes observaram que não havia um padrão nos blocos referente à formação do ângulo da imagem, como eu havia mencionado anteriormente. Mas, agora, fez sentido para eles! Então, realizaram as alterações, mas colocaram o primeiro ângulo com medida de 90° e todos os demais com medida de 180° , com a obtenção da imagem da Figura 36.

Figura 36. Representação de um quadrado feito por Carol, Carlos e Julia

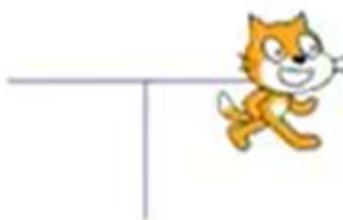


Fonte: elaborado por Carol, Carlos e Julia

Como pode ser observado na Figura 36, o trio de estudantes chegaram na representação de uma figura fechada de quatro lados. Contudo, foi necessária a discussão sobre ser ou não um quadrado. Na sua justificativa, Carol argumenta que se trata da figura quadrado. Portanto, apegam-se à representação imagética e não às características essenciais do conceito, uma vez que os ângulos não estão todos com mesma medida, pois eles colocaram dois ângulos de 90° e os demais com 270° .

Ao reler a definição que eles elencaram para polígono regular, durante a BOA e a formação da ação no plano material, Carlos decide colocar mais um ângulo com medida de 90° , mas, os outros dois ângulos permanecem 180° , obtendo a imagem da Figura 37.

Figura 37. Representação de uma figura geométrica com dois ângulos de 90° e dois de 180°



Fonte: elaborado por Carol, Carlos e Julia

A imagem da Figura 37 reforça que eles não identificam os atributos essenciais da definição de polígono regular que eles mesmos elencaram. Pedi, novamente, que lessem e me explicassem a definição de polígono regular. Com base nisso, reconheceram que todos os ângulos precisam ter a mesma medida.

No entanto, dado que há dois ângulos com 90° e dois ângulos com 180° , optaram por colocar todos os ângulos com medida de 180° , o que, novamente, evidencia a não formação do conceito quadrado. Como a imagem obtida não era a de um quadrado, eles alteraram todos os ângulos para 90° e obtiveram a representação correta.

Na sequência dessa tarefa, no terceiro e último encontro, eles foram provocados a construir a representação de um triângulo equilátero. Carlos, rapidamente, iniciou uma conversa com as colegas sobre a ordem das ações que eles adotariam, decompondo o problema. Julia lembrou que, na tarefa anterior ao construir a representação de um quadrado, eles construíram um triângulo. Portanto, os ângulos poderiam ser critérios para eles dividirem o triângulo em partes que pudessem ser programadas.

Ao fazer a divisão, estabeleceram que cada um deles construiria uma parte do triângulo. Carol pontuou que todos deveriam colocar o ângulo com medida de 90° , pois, na tarefa anterior, conseguiram desenhar um triângulo. Porém, desconsiderou que um triângulo equilátero possui todos os ângulos com a medida 60° . A compreensão, que eles revelam, demonstra ainda um nível de pensamento denominando por Vygotski (2014) de complexo.

Eles fizeram a representação no papel para, em seguida, realizar a sua construção no software *Scratch*. Ao fazê-la, Carlos percebeu que o ângulo do triângulo não é de 90° e sugere ser de 60° . Mas, Carol rebateu lembrando o colega que na tarefa anterior colocaram 90° e formou-se um triângulo. Carlos e Carol evidenciam que suas ações ainda estão com vínculo no processo de formação no plano material.

No entanto, Carlos insistiu com a proposta que, se o ângulo tiver medida de 90° , então formará uma imagem que não é a de um triângulo equilátero. Por isso, a necessidade de outra medida angular para que os lados consecutivos tenham uma inclinação menor. Julia concordou que todos os ângulos deveriam medir 60° . Essa concordância é decorrente da experiência que ela vivenciou com a tarefa 1, presente na tarefa de ensino utilizada para identificar seus conhecimentos prévios.

Carol chamou a atenção para outro detalhe: por onde iniciar a construção do triângulo. Para ela, todos começam com um lado na posição horizontal, sem inclinação, o que formaria a base do triângulo. Carlos e Julia contra-argumentam, pois há triângulos que não se formam desse modo. O importante, segundo eles, é ter três lados de mesma medida e assim também o três ângulos, pois se trata de um triângulo equilátero.

A argumentação de Carlos e Julia mostra que diminui a necessidade da materialização da ação vinculada a polígonos regulares. Consequentemente, aumenta a possibilidade de formação no plano da linguagem externa. Carol não se satisfaz com a argumentação, mas concordou em iniciar a construção sem ser pelo lado que ela chamou de base do triângulo.

Ao construir o algoritmo, com a união dos menores, dos três lados do triângulo, eles não obtiveram a representação desejada (Figura 38). Isso se deve ao fato de nessa construção, no *Scratch*, requer a medida do ângulo externo, que é 120° . Mas, a opção escolhida, por eles foi de substituir todos os ângulos de 60° pelos ângulos de 90° , adotada na tarefa anterior.

Figura 38. Representação da construção de um triângulo utilizando o bloco gire 60° no Scratch



Fonte: elaborado por Carol, Carlos e Julia

Iniciamos um diálogo sobre a representação de um ângulo de 90° formado por duas retas. Julia mostrou como é tal representação. Concluíram que não é essa a medida do ângulo do triângulo equilátero, o que evidencia a necessidade ainda de representação da ação no plano material.

Quando formaram a imagem da Figura 38, Julia percebeu que fizeram a metade de um hexágono regular e decidiu completá-lo, obtendo a Figura 39. Com essa representação, eles começaram a compreender o significado de polígono regular, conforme transcrita a fala de Carlos, a seguir.

Eliel, agora faz todo sentido! Olha aqui no algoritmo, tem seis blocos de mova 50 passos e 6 bloco de gire 60°. Todos os lados iguais e todos os ângulos iguais. E se você olhar a imagem, consegue ver daí? Ela está igualzinha em todos os lados e está uma imagem perfeita porque os ângulos são iguais (Carlos, 2021).

Figura 39. Representação de um hexágono regular



Fonte: elaborado por Carol, Carlos e Julia

Com a fala de Carlos, torna-se evidente como a representação sequencial do processo de construção da figura geométrica contribuiu para compreensão e comunicação referente ao seu pensamento. Revela-se a condução para o processo

de formação da ação no plano da linguagem externa. Isso ocorre quando o estudante passa a ter consciência da sua ação por meio das operações intelectuais que são produzidas pela da experiência externa. A atividade do estudante passa a ser regulada pela linguagem por meio da generalização da palavra.

Em seguida, expliquei-lhes que não são lados e nem ângulos iguais, o correto é: lados devem ter mesma medida e os seu ângulos precisam ser congruentes. Com isso, solicitei que observassem o algoritmo elaborado e me dissessem como construir um pentágono regular, sem executá-lo para verificar a representação obtida.

Eles procuraram um padrão entre o quadrado e o hexágono e consideraram a quantidade de lados e a medida do ângulo de cada um. Consequentemente, reconheceram que, quanto maior a quantidade de lados, menor é a medida do ângulo. Por isso, no pentágono, o ângulo estaria entre 60° e 90° .

Com base nas suas síntese, conjecturo um avanço, no pensamento conceitual deles, rumo a um nível da formação da ação no plano da linguagem externa. Galperin (1986; 1989) salienta a importância da mediação simbólica presente na realidade objetiva do indivíduo. No caso aqui, acrescento a compreensão de que o pensamento computacional – como algo cultural presente nas relações sociais, como também seus fundamentos e signos – se constitui em um dos mediadores, para o desenvolvimento, nos indivíduos, dessa peculiar cultura, por meio da linguagem. A seguir, apresento o diálogo que ocorreu após esse momento.

Elie: Vocês sabem como é que nós determinamos esses ângulos?

Todos: Não!

Julia: Mas deve ter alguma relação com a quantidade de lados e ângulos.

Elie: E tem! Você precisa calcular a divisão entre 360° pela quantidade de lados do polígono. Faz o teste. Faça 360° dividido pela quantidade de lados do quadrado.

[silêncio]

Carol: 90.

Elie: Isso! 90° . Agora faz 360° dividido pela quantidade de lados do hexágono.

[silêncio]

Julia: 60° .

Elie: Então quanto será a medida do ângulo do pentágono?

Carol: 72°. Já fui fazendo aqui.

Eliei: Isso mesmo! Então...

Carlos: [interrompendo Eliei] Então já sei qual é o ângulo do triângulo. Peraí. [ele faz os cálculos] É 120°. Nossa, e a gente colocando 90° [risos]

Em seguida, o trio construiu o triângulo equilátero (Figura 40), pois ainda era algo que faltava. A última fala de Carlos, destacada no diálogo anterior, evidencia o momento em que a experiência externa ganhou representação mental. Ou seja, foram geradas imagens mentais do modelo da ação, apoiado pela linguagem externa.

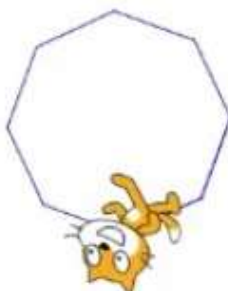
Figura 40. Representação de um triângulo equilátero no software Scratch



Fonte: elaborado por Carol, Carlos e Julia

Como apresentado na seção 4, a formação da ação no plano mental é o momento em que o estudante desenvolve a execução e o controle da ação, de modo independente sem auxílio direto dos seus pares, isto é, a ação se torna pertencente ao seu pensamento. Isso foi evidenciado na tarefa de ensino posterior (Apendice N), em que eles teriam que ladrilhar o palco em branco do Scratch. Para tanto, fariam as representações de polígonos regulares, que se constituiriam de base para a formação das habilidades essenciais indicadas no Currículo Paulista para a 1ª série do Ensino Médio, em 2021. A primeira representação construída, por eles, foi a do octógono regular (Figura 41).

Figura 41. Representação de um octógono regular no software Scratch

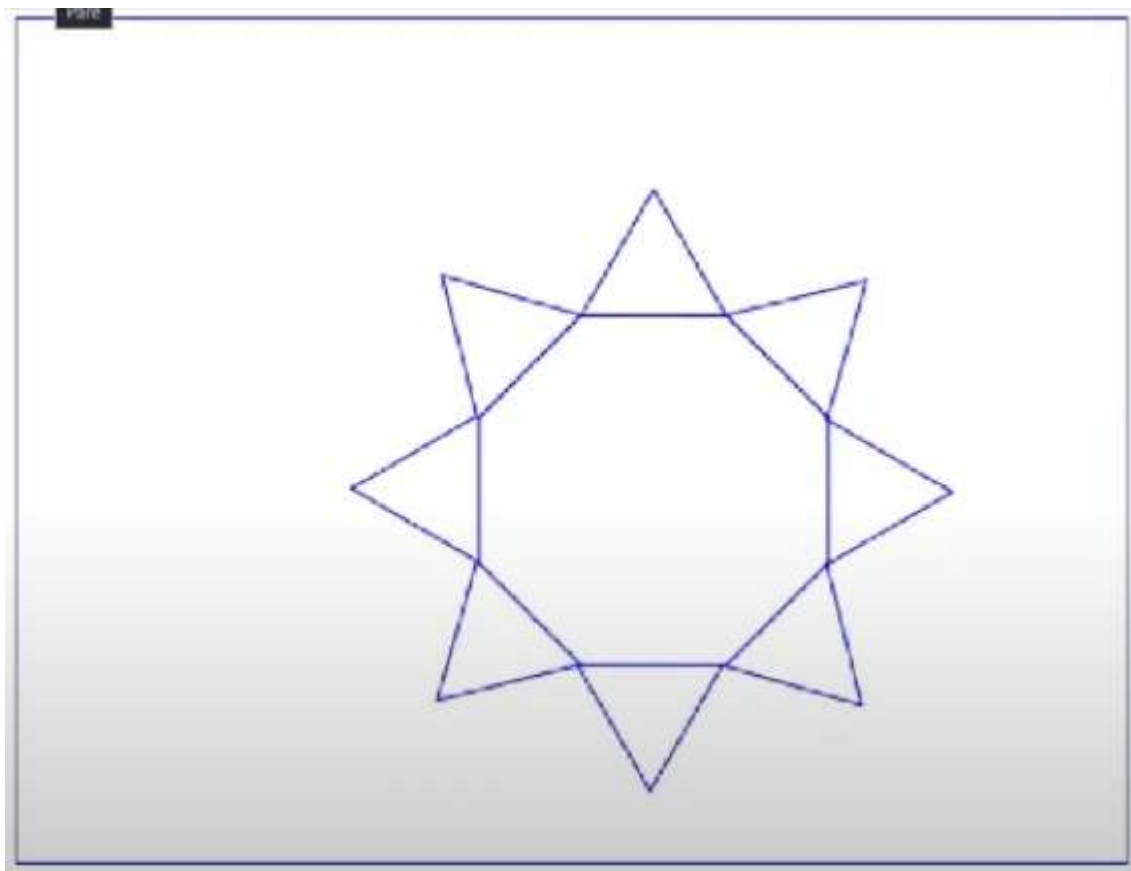


Fonte: elaborado por Carol, Carlos e Julia

Mesmo tendo construído apenas o quadrado, hexágono e triângulo equilátero, eles identificaram os atributos essenciais desses polígonos, ao passo que a ação, se formava no plano mental. Por consequência do uso desses atributos essenciais, construíram a representação de um octógono, que não havia sido solicitada, anteriormente.

Para ladrilhar a região, eles construíram um octógono, oito triângulos e um quadrado (Figura 42), caracterizado como formação da ação no plano mental. Isso se configura pela construção do octógono e dos demais polígonos, em posições diferentes, daquelas que eles produziram, nas tarefas anteriores.

Figura 42. Ladrilhamento do palco do Scratch com polígonos regulares



Fonte: elaborado por Carol, Carlos e Julia

Vale retornar à discussão da seção 4, como forma de evidenciar que o resultado desse processo pode ser mensurado: pelas características das tarefas: conduzidas, gradualmente, na experiência de assimilação da ação pelos estudantes; por proporcionar a interação com o outro pela a mediação simbólica de recursos presentes na realidade objetiva; pela mediação dos fundamentos da Computação, presentes na cultura dos estudantes. Por último, podemos perceber a relação e a importância de fomentar o desenvolvimento planejado dos pilares do pensamento computacional assim como é fomentada a formação planejada por etapas dos conceitos e das ações mentais.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As internalizações próprias à educação escolar devem promover os recursos psíquicos necessários à humanização, à superação dos limites naturais e, da mesma forma, os modos de socialidade adaptativa, preparando os indivíduos para serem sujeitos e não sujeitados de suas condições de existência. Portanto, se a escola é o locus privilegiado na promoção das referidas internalizações, por meio dela, os homens devem apropriar-se das formas sociais mais elaboradas, mais complexas de comportamento, convertendo-as em meios próprios de interação com o mundo e conteúdo de sua personalidade (MARTINS; RABATINI, 2011, p. 356).

Após caminhar uma trilha que iniciou com a finalização da pesquisa de mestrado, é chegado o momento de tecer as considerações finais após quatro anos de leitura, estudo, pesquisa, inquietações e produção de conhecimento. Apesar de ter o adjetivo “final”, essa seção tem o caráter de finalizar o que foi discutido nesta tese, bem como abrir possibilidades de continuidade dessa e de outras pesquisas que possam vir a se inspirar nas discussões e resultados obtidos aqui.

A problemática que gerou a investigação que foi tecida nas páginas anteriores surgiu com a finalização da pesquisa de mestrado. Em Silva (2018), investiguei as possíveis contribuições do desenvolvimento do pensamento computacional para a formação de conceitos matemáticos. No entanto, alguns questionamentos ficaram no ar: de que maneira o professor identificaria esse desenvolvimento de seus estudantes? Haveria tipos específicos de tarefas a serem fomentadas para que o referido desenvolvimento ocorra?

Como mencionado na seção 4.6, responder que, uma das formas seria promover o desenvolvimento dos quatro pilares no processo de resolver problemas. No entanto, não era suficiente e se caracterizaria como um ato superficial e inadequado, que desprezaria a complexidade envolvida nesse processo de desenvolvimento cognitivo. Assim, iniciei um movimento de leitura e aprofundamento em estudos que versavam sobre a temática e o desenvolvimento cognitivo do indivíduo em contextos escolares, à luz da teoria Histórico-cultural.

Em meio a tantos questionamentos, coloquei-me nesse movimento inicial interno de leituras, que surgiu quando tive conhecimento das principais ideias da teoria de formação planejada em etapas das ações mentais e dos conceitos de Galperin (1986). Isso ocorreu quando cursei a disciplina “Tópicos Especiais em

Educação Matemática: Perspectivas da Teoria Histórico-Cultural de Vigotsky para a Educação Matemática”, ministrada pelas profa. Dra. Idânia B. Peña Grass e profa. Dra. Sueli Liberatti Javaroni.

Nesse processo de aprofundamento dos estudos de Galperin (1986), a minha atuação profissional contribuiu para esse movimento de percepção acerca da temática, o qual eu estava me propondo investigar. A ação de professor da Educação Básica, a função de elaborador de material didático, adicionado à função, posterior, como professor universitário e como gestor de programas de pensamento computacional e maratona hacker por escolas do Brasil, permitiram que me direcionasse, na prática, para as indagações feitas no processo de finalização da dissertação.

Assim, sob a problemática apresentada, desenvolvi essa pesquisa que visou investigar a articulação do desenvolvimento dos pilares do pensamento computacional com as etapas de formação da ação mental propostas na TFPAMC, como uma forma de fomentar esse desenvolvimento em estudantes da Educação Básica. A pergunta que me direcionou foi: *de que modo o processo de formação das ações mentais pode fomentar o desenvolvimento do pensamento computacional de estudantes e a contribuição deste para a formação de conceitos matemáticos?*

Por decorrência, o objetivo foi *investigar as possíveis relações do desenvolvimento do pensamento computacional com o processo de formação planejada por etapas das ações mentais e dos conceitos, de modo a identificar o seu desenvolvimento e contribuição com a formação do conceito polígono regular de estudantes do Ensino Médio.*

Para que essa investigação pudesse ser realizada, respeitei as bases teóricas assumidas que estão pautadas na teoria Histórico-cultural – por meio dos estudos de Vygotski (2014 – Tomo II; Tomo III; Tomo VI), Leontiev (1978), Galperin (1959; 1976; 1986; 1992; 2001; 2009), Talízina (2000; 2001), entre outros – Também, não perdi de vista a sustentação metodológica adotada, o método histórico-dialético, que considera a relação dialética entre o homem e a natureza por meio da mediação no processo de interação. Todas essas precauções permitem a observação do processo de formação de conceitos, experimentalmente, induzido.

O processo de constituição desta pesquisa iniciou-se, portanto, com as leituras acerca desses pressupostos teóricos e com uma imersão no método, como forma de me aprofundar e me preparar para as ações da produção dos dados. Em

seguida, realizei um levantamento bibliográfico sobre as pesquisas brasileiras, que envolvessem pensamento computacional e Educação Matemática, bem como a TFPAMC e Educação Matemática.

Além de conhecer as compreensões dos pesquisadores sobre pensamento computacional e o estado da arte da pesquisa sobre os estudos de Galperin no Brasil, o escopo desse levantamento evidenciou que ainda não tinham pesquisas publicadas que interseccionem esses três temas, como está abordado na seção 5 desta tese. Posteriormente, esse levantamento foi atualizado, a fim de contemplar as pesquisas que foram publicadas, durante a realização desta investigação.

Ao observar os 30 estudos encontrados, que relacionam pensamento computacional e/na Educação Matemática, apenas um estudo considerou os pressupostos da teoria Histórico-cultural. Sua centralidade está no estado do conhecimento sobre as produções referentes ao tema, na busca de tecer uma aproximação com os nexos conceituais dessa teoria. Ainda, somente duas pesquisas ocorreram no segmento Ensino Médio, sendo que nenhuma delas teve como objetivo a formação de conceitos e das ações mentais em aulas de Matemática.

Do mesmo modo, ao observar os 17 estudos encontrados que relacionam a TFPAMC e Educação Matemática, foi identificado nenhuma relação com o pensamento computacional ou, ainda, com a área da Ciência da Computação. Assim, o levantamento bibliográfico evidenciou que não há pesquisas que fazem uma interlocução entre os três temas centrais desta tese, segundo os termos de busca utilizados e a plataforma investigada. Portanto, esta tese se apresenta como uma possível interlocução entre pensamento computacional e a formação de ações mentais e dos conceitos, no contexto da Educação Matemática.

Na seção 2, apresentei um breve histórico sobre o tema pensamento computacional a fim de compreender a sua presença nas diretrizes educacionais atuais de diversos países, como o Brasil. Para tanto, trago o entendimento de que se trata do resultado de uma cultura produzida pelo próprio homem e que tem provocado mudanças em sua forma de agir e comunicar socialmente. Na mesma seção, também apresentei algumas considerações sobre a presença desse tema na Educação Básica e a perspectiva adotada nesta tese.

Sob todas as considerações tecidas no decorrer deste trabalho, principalmente na seção 2.4, assumo que pensamento computacional é uma

estratégia de organização do pensamento, para resolver e formular problemas, que ocorre com base nos conhecimentos e práticas da Ciência da Computação, como a decomposição, reconhecimento de padrões, algoritmo e abstração, quando se incorpora a cultura dessa área do conhecimento às suas relações sociais.

Nessa perspectiva, o uso de palavras – vinculadas a ambientes computacionais (conceitos computacionais) – é importante para se constituírem em signos que irão guiar e controlar a atividade dirigida do indivíduo (práticas computacionais), no processo de resolução de tarefas quaisquer (perspectivas computacionais). Por conseguinte, desenvolver o pensamento computacional, em uma perspectiva cultural.

Estabelecida a minha perspectiva de pensamento computacional, à luz da teoria Histórico-cultural, teci uma possível aproximação com a formação de conceitos em Vygotski, na seção 3. Nela, discuto a necessidade de a criança ter contato com ações visuais e práticas voltadas à Computação, para que ela desenvolva um pensamento concreto (teórico) acerca de práticas computacionais, como um processo de apropriação dessa cultura, que a apoie na transição do pensamento em complexo ao pensamento abstrato.

Segundo Vygotski (2014 – Tomo II), na última fase do processo de formação do conceito, há a presença dos processos de análise e de síntese, que são geneticamente relacionados ao desenvolvimento da abstração. Na seção 3, eu conduzo uma discussão de aproximação desses processos ao pilar abstração e dialogo sobre a importância desses processos também nos pilares decomposição e reconhecimento de padrões, que juntos poderão proporcionar a formação conceitual do estudante.

No pilar algoritmo, também há a presença desses processos de análise e síntese, uma vez que ele se constitui com a utilização de termos e expressões, cujas palavras que os compõem, possuem significados que irão mediar a estrutura externa palavra-objeto em um primeiro momento de contato do indivíduo com o algoritmo, em que ele se familiarizará com o objeto. Posteriormente, essas palavras se converterão em uma estrutura simbólica a qual o indivíduo se apropriará para se comunicar e realizar atos que requerem a definição prática de conceitos a ser utilizados na construção do algoritmo.

Isso evidencia que o pilar abstração se faz presente no desenvolvimento dos demais. Como uma das conclusões deste estudo, teço que os pilares decomposição,

reconhecimento de padrões e algoritmo são igualmente importantes para o processo planejado de formação das ações mentais. Mas assim como a combinação da síntese com a análise é importante para o desenvolvimento da abstração – que corrobora com a verdadeira formação de conceitos – o pilar abstração, desenvolvido sob a ótica histórico-cultural, proporcionará uma autonomia intelectual aos estudantes, quando articulado com os demais pilares.

A contribuição do desenvolvimento do pensamento computacional à formação das ações mentais de estudantes está na compreensão de que os pilares não ocorrem de forma isolada e linear. É a abstração que conecta todos eles em um processo que visa identificar atributos com condições de sintetizar os objetos ou dados do conjunto, considerados. Portanto, o desenvolvimento do pilar *abstração* é um meio que possibilita a formação da ação do estudante no plano mental.

Essa aproximação foi ampliada na seção 4.6, após eu discutir teoricamente e exemplificar os principais momentos de formação das ações mentais e dos conceitos, na perspectiva de Galperin (1986). Assim, uma etapa se constitui ao passo que o estudante demanda por uma menor dependência da etapa anterior. De forma similar, um pilar do pensamento computacional ganha evidência quando o outro demanda uma menor dependência, no processo de resolver o problema proposto.

Na relação que busquei estabelecer nesta tese, os fundamentos da Computação, bem como os aspectos culturais da Ciência da Computação que estão preconizados no ambiente social do estudante, precisam ser estimulados durante a formação da BOA e o estabelecimento do EBOCA, tal como o objeto do conhecimento. A referida ação poderá contribuir para que ocorra a apropriação dessa cultura em seu caráter máximo e, também, o entrelaçamento entre as funções psicológicas superiores, pensamento e linguagem, no desenvolvimento do pensamento computacional, que será orientado pelas funções culturais.

A seguir, apresento a relação entre a TFPAMC e o pensamento computacional, estabelecida neste trabalho:

- *Etapa de formação da ação no plano material:* aproximação com os pilares *decomposição* e *reconhecimento de padrões* como meios que possibilitam a materialização do modelo da ação.
- *Etapa de formação da ação no plano da linguagem externa:* aproximação com o pilar *algoritmo* como possibilidade de internalização do modelo da ação, por

meio da organização das soluções de forma ordenada, otimizada e orientada pelos significados das palavras e signos presentes na etapa anterior, bem como a identificação da ocorrência do desenvolvimento do pensamento computacional do estudante.

- *Etapa de formação da ação no plano mental*: aproximação com o pilar abstração como meio que possibilite o desenvolvimento da execução e do controle da ação, após a identificação dos atributos essenciais do objeto por meio do processo combinado de analisar e sintetizar.

Essas são as relações a que me dediquei a investigar nesta tese, considerando a complexidade do processo cognitivo, tratando a formação das ações mentais e dos conceitos de forma não-linear. Para a produção dos dados – que me permitiu validar, refutar e ampliar tais conjecturas – desenvolvi uma pesquisa de campo com seis estudantes da 1ª série do Ensino Médio, agrupados em dois trios, regularmente matriculados na Escola Estadual Adélio Ferraz de Castro, localizada no município de Vargem/SP.

Ocorreram três encontros com cada trio de estudantes de forma síncrona, online, por meio da plataforma *Google Meet*. Nesses encontros, desenvolvemos tarefas de ensino, com o uso dos softwares *Scratch* e *GeoGebra*. Essas tarefas versavam sobre o conceito de polígonos regulares e visavam me apoiar na investigação que propus nesta tese. Portanto, os dados foram obtidos com a minha participação na interação com os estudantes. Todo o registro foi feito por meio de gravação de áudio e imagem dentro da plataforma citada.

Seguindo as orientações de Vygotski (2014 – Tomo III; Tomo VI), a análise e discussão dos dados foram tecidas sob duas unidades de análise, a saber: vivência e ação e comunicação, pelas quais permearam os significados e sentidos dos estudantes, produzidos durante os encontros.

Com os dados apresentados e trechos dos diálogos dos momentos de interação do trio 1 composto por Ana, Paulo e Otávio, foi possível observar a formação da ação mental deles, acerca do conceito polígono regular e de outros envolvidos nesse processo. Além disso, ocorreu o desenvolvimento dos pilares do pensamento computacional e sua contribuição para cada um dos momentos não-lineares de formação da ação mental e do conceito, como proposto nesta tese.

Ficou evidente a importância de ter, na BOA, os signos e vocabulários da cultura da Computação, assim como o estímulo à incorporação dos fundamentos da Computação como estratégias de organização do pensamento, no processo de resolver as tarefas presentes na atividade de ensino. Esse envolvimento possibilitou que os estudantes atribuíssem sentido à referida incorporação e desenvolvessem cada um dos pilares do pensamento computacional em suas práticas posteriores, além de conectá-los às suas vivências sociais, que foram importantes para a motivação dentro desse estudo.

Com os dados apresentados referentes ao trio 2 composto por Carol, Carlos e Júlia, foi possível verificar que ter a prática de um ou mais pilares do pensamento computacional, presente em suas relações culturais, não anula a importância do envolvimento de todos os pilares durante a formação da BOA, em um processo mediado e orientado de apropriação desses pilares.

Isso contribuirá para que ocorra o desenvolvimento do pensamento computacional, de acordo com o que foi estabelecido na aproximação de seus pilares com as etapas da TFPAMC. Também, possibilidade de ele contribuir com a formação das ações mentais e dos conceitos, assim como para que os estudantes possam atribuir sentido e conectar àquilo que se produz fora, com as suas produções dentro do ambiente escolar.

Sendo assim, nesta tese meu ponto de partida foram questionamentos que me conduziram por um caminho de estudo teórico e apropriação de conceitos-chaves e do método utilizado para investigar o objeto de interesse. Nesse caminho, ocorreu a materialização e a internalização de diversos estímulos e contradições que me colocaram nas interações sociais, às quais estive presente, o que me permitiu elucidar minhas inquietações, desejos e motivações a ponto de desenvolver a pesquisa que está sendo concluída, após um período de problematização, investigação, análise e ressignificação de ideias.

Com o exposto até aqui, quero fomentar a reflexão da importância de promovermos a cultura da Computação nos ambientes educacionais, por meio de projetos, cursos ou pesquisas, para que seja possível promover a formação de uma cultura crítica acerca da integração do uso de ambientes computacionais e recursos tecnológicos digitais à vida cotidiana. Só assim, de fato, as pessoas possam usufruir dos contributos do desenvolvimento de um pensamento computacional, em situações cotidianas, que requerem a formulação ou resolução de problemas.

Ancorado nos estudos do Centro de Pesquisa Internacional ATOPOS (ECA/USP), a promoção de reflexões acerca da cidadania digital pode ser um caminho para o desenvolvimento do pensamento computacional de estudantes, vinculando essa organização do pensamento ao letramento computacional, que está sendo considerado um letramento importante para a contemporaneidade.

Esta tese pode ser o início de um trajeto longo e árduo sobre como propiciar e identificar o desenvolvimento do pensamento computacional não só em contextos da Educação Básica, mas também do Ensino Superior. Ainda, investigar quais pilares do pensamento computacional podem ser estimulados na Educação Infantil por meio dos campos de experiência, de modo a estar conectado com aquilo que é preconizado sobre o tema, no 1º ano do Ensino Fundamental. Nesse sentido, fazem-se necessárias outras investigações que se preocupem em validar ou refutar o modelo que aqui foi proposto, ao aproximar as etapas da TFPAMC com os pilares do pensamento computacional.

Concernente aos momentos de interação que tive com os estudantes durante a produção dos dados, descrito na seção 7, espero que possa ser direcionado aos professores como uma inspiração e orientação sobre como organizar a atividade de ensino. Essa organização precisa considerar as vivências e contextos sociais dos estudantes, bem como os conceitos apropriados em seu percurso de desenvolvimento. Quando a interação é pautada nesses princípios, toda a dinâmica da aula passa a ser centrada na interação dos estudantes com foco no seu desenvolvimento conceitual.

Nesse modelo se faz necessário que o professor tenha clareza de seu objetivo de ensino e o modo de conduzir o percurso que o estudante trilhará desde o estabelecimento da BOA até a formação da ação no plano mental. E, ainda, é importante que o professor se aproprie dos conceitos que estarão presentes nas dinâmicas das aulas, e esteja preparado para fazer adaptações mediante aquilo que os estudantes apresentarem durante as interações.

Podemos caracterizar essa orientação retomando à discussão do Trio 1 acerca da simetria como necessária para definir o conceito polígono regular. Inicialmente, não previ que isso pudesse ocorrer, mas a partir do momento que o termo surgiu e começou a direcionar o desenvolvimento dos estudantes, reorganizei a tarefa de ensino para que pudesse usar o referido conceito para apoiar a

apropriação do conceito de polígono regular e fometei que eles usassem a BOA, que foi apropriada por eles, para resolver as demais tarefas que eu propus.

Em outras palavras, o que deixo como inspiração a outros professores e pesquisadores é a organização da atividade de ensino de modo a respeitar os conceitos adquiridos pelos estudantes. A cada novo problema a ser resolvido, os conceitos potenciais ou adquiridos são retificados e podem ganhar novos significados por meio da realização de tarefas e da interação com os pares, bem como poderão propiciar a apropriação de tantos outros novos conceitos que emergirão. Assim, todo o movimento é voltado para o desenvolvimento conceitual dos estudantes e subsidiados pela BOA que eles se apropriaram no início do percurso.

Essas recomendações que deixo ao final desse estudo são advindos das transformações que ocorreram em mim como sujeito implicado nesse processo de pesquisa e relação com os estudantes e a temática. Ao serem incorporadas a minha prática como professor da Educação Básica, essas mudanças me permitiram repensar a minha atuação didática, a constituição das tarefas em sala de aula, a minha mediação e orientação aos estudantes para apoiá-los em seus desenvolvimentos, além de me provocar a influenciar colegas do meu ambiente de trabalho.

Uma vez que o tema pensamento computacional está presente nas diretrizes nacionais da Educação brasileira, bem como em editais de produção de materiais didáticos, outro caminho de investigação que surge, a partir desta tese, é a aproximação desse modelo com a produção de material didático. Ou ainda, como o modo que tarefas presentes, nesses materiais, são fomentadas em contextos de aula, de forma a apoiar o professor no desenvolvimento do pensamento computacional de seus estudantes. Isso requer um tempo de investigação, em campo, maior do que o realizado nesta pesquisa para evitar fragilidades metodológicas e proporcionar uma teorização completa dos resultados.

Por fim, espero que os resultados desta tese possam apoiar professores de Matemática, em suas práticas pedagógicas, sempre com vistas à formação de conceitos e das ações mentais de seus estudantes. E que esse trabalho também venha a contribuir para outros estudos que visem dar sequência ao que aqui foi iniciado quanto ao desenvolvimento do pensamento computacional à luz da teoria Histórico-cultural, como o aprofundamento do pilar abstração relacionando com os

processos de pensamento segundo Vygotski (2014), a consideração da generalização no processo de desenvolvimento do pensamento computacional, entre outros. E espero que essa tese contribua com a difusão dos pressupostos de Galperin e Talízina na Educação Matemática, incentivando tantas outras pesquisas a se adentrarem nessas discussões a fim de contribuir para o processo de ensino-aprendizagem da Matemática.

REFERÊNCIAS

- AHO, A. V. Computation and computational thinking. **Computer Journal**, 55(7), 832–835, 2011.
- ALMEIDA, A. D. C. E-STEM²D: bases de (Re)conexão para o contexto atual da educação com tecnologias Usando o Scratch como ferramenta interdisciplinar através da programação. 2020. 99 f. **Dissertação** (Mestrado Profissional em Educação e Novas Tecnologias) – Centro Universitário Internacional UNINTER, Curitiba, 2021.
- ALMEIDA, D. S. R. Necessidades formativas de um grupo de professores da educação básica na perspectiva da educação ambiental. 2018. 114f. **Dissertação** (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática - PPGECEM) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2018
- 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.
- ALMEIDA, S. L. S. Usando o Scratch como ferramenta interdisciplinar através da programação. 2020. 48 f. **Dissertação** (Mestrado Profissional em Matemática) - Universidade de Brasília, Brasília, 2020.
- ÁLVAREZ, A. C. **La escuela y la vida**. Sucre: Imprenta Universitaria, 1992.
- ALVARISTO, Eliziane de Fátima. Uma ferramenta para elaboração de conceitos matemáticos para estudantes com deficiência visual: gráfico em pizza adaptado. 2019. 103 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019
- ANDRADE, D. et al. (2013). “Proposta de Atividades para o Desenvolvimento do Pensamento Computacional no Ensino Fundamental”. In **Anais** do XIX Workshop de Informática na Escola (WIE 2013).
- ANDRADE, P. F. A sala de aula de Matemática: influências de um curso de formação continuada sobre o uso do GeoGebra articulado com atividades matemáticas. 2017. 128f. **Dissertação** (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro
- ANDRADE, R. S. Construindo uma avaliação formativa no ensino de Química por meio da teoria da formação das ações mentais por etapas de Galperin. 2017. 139 f. **Dissertação** (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2017.
- ALMOULOUD, S. A.; MANRIQUE, A. L. ; SILVA, M. J. F. ; CAMPOS, T. M. M. . A geometria no ensino fundamental: reflexões sobre uma experiência de formação envolvendo professores e alunos. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 27, p. 94-108, 2004

ASSIS, A. M. M. Atividade de estudo do conceito de transformação linear na perspectiva da teoria do ensino desenvolvimental de V. V. Davydov. 2018. 235 fl. **Tese** (Programa de Pós-Graduação STRICTO SENSU em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia-GO

AVILA, C. et al. Metodologias de Avaliação do Pensamento Computacional: uma revisão sistemática. In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). **Anais**. 2017. p. 113

AZEVEDO, G. T. Processo formativo em Matemática: invenções robóticas para o Parkinson. 2022. 213p. **Tese** (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro

BARBOSA, E. P. Os professores de matemática e as ações educacionais públicas. 2007. 96 f. **Dissertação** (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007

BARBOSA, L. M. Aspectos do Pensamento Computacional na Construção de Fractais com o software GeoGebra. 2019. 168 p. **Dissertação** (Mestrado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2019

BARCELOS, T. et al. Relações entre o pensamento computacional e a matemática: uma revisão sistemática da literatura. In: **Anais do Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. 2015. p. 1369.

BARCELOS, T. S. et al. A systematic literature review on relationships between computational thinking and mathematics. **Journal on Computational Thinking (JCThink)**, v. 2, n. 1, p. 23-23, 2018.

BARCELOS, T. S.; SILVEIRA, I. F. Pensamento computacional e educação matemática: relações para o ensino de computação na Educação Básica. **Imago Research Group**. 2012. p.1-10.

BARR, D.; HARRISON, J.; CONERY, L. Computational thinking: A digital age skill for everyone. **Learning & Leading with Technology**, v. 38, n. 6, p. 20-23, 2011

BARR, V.; STEPHENSON, C. Bring computational thinking to K-12: what is Involved and what is the role of the computer science education community?. **Acm Inroads**, v. 2, n. 1, p. 48-54, 2011.

BARROS, T. T. T. Formação em pensamento computacional utilizando Scratch para professores de Matemática e Informática da Educação Fundamental. 174 f. 2020. **Tese** (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

BASTOS, N. S.; MOTA, F.; ADAMATTI, D. F.; CARVALHO, F. Developing Computational Thinking in High School: an Approach based on Neuroscience. **Journal on Computational Thinking (JCThink)**, v. 1, n. 1, p. 28, 2017.

BASTOS, R. Notas sobre o ensino da Geometria: simetria. **Educação e Matemática**: Lisboa, maio-junho, n. 88, p. 9-11, 2006.

BBC LEARNING, B. **What is computational thinking?**, 2015. Disponível em: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zp92mp3/revision/1> . Acesso em: 05 maio 2022

BEATÓN, G. A. La visión integral o de totalidad em el método dialético, su presencia em lo histórico cultural y sus proyecciones em la práctica educativa. In: MENDONÇA, S. G. L.; PENITENTE, L. A. A.; MILLER, S. (Orgs.) **A questão do método e a teoria histórico-cultural**: bases teóricas e implicações pedagógicas. São Paulo: Cultura Acadêmica. 2017. p. 13 – 18.

BELO, P. A. A aprendizagem do conceito de números de crianças do infantil. 2018. 165 f. **Dissertação** (Mestrado em Educação) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

BERNARDES, M. E. M. O método de investigação na psicologia histórico-cultural e a pesquisa sobre o psiquismo humano. **Rev. psicol. polít.**, São Paulo, v. 10, n. 20, p. 297-313, dez. 2010. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-549X2010000200009&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 21 jun. 2020.

BERNARDES, M. E. M. O método na teoria histórico-cultural: a pesquisa sobre a relação indivíduo-generecidade na educação. In: MENDONÇA, S. G. de L.; PENITENTE, L. A. A.; MILLER, S. (Orgs.). **A questão do método e a teoria histórico-cultural: bases teóricas e implicações pedagógicas**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2017. p. 63-77.

BESSA, K. F. Pensamento computacional e Matemática: uma abordagem com o Scratch. 2020. 150p. **Dissertação** (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro.

BITTENCOURT, I. G. S.; FUMES, N. L. F.. Vivências em Vygotski: contribuições teórico-metodológicas para análise do contexto histórico-cultural nos estudos com indivíduos. **Educação: Teoria e Prática**, v. 31, n. 64, p. e48 [2021]-e48 [2021], 2021

BLIKSTEIN, P. **O Pensamento Computacional e a reinvenção do computador na educação**. 2008. Disponível em: <http://www.blikstein.com/paulo/documents/online/ol_pensamento_computacional.html>. Acesso em: 02 jan. 2023.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em Educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1999

BOMBASAR, J. R.; RAABE, A.; SANTIAGO, R. Ferramentas para o Ensino-Aprendizagem do Pensamento Computacional: onde está Alan Turing?. **International Journal on Computational Thinking (IJCThink)**, v. 1, p. 3-15, 2017.

BORBA, M. C. The future of mathematics education since COVID-19: humans-with-media or humans-with-non-living-things. **Educational Studies in Mathematics**, v. 108, p. 385-400, 2021

BORBA, M. C.; SCUCUGLIA, R. R. S.; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática**. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2014

BORBA, M. C.; SOUTO, D. L. P.; CANEDO JUNIOR, N. R. **Vídeos na educação matemática**: Paulo Freire e a quinta fase das tecnologias digitais. Autêntica Editora, 2022.

BORGES, F. Narrativa adaptada para o ensino de semelhança de triângulos para aluno com deficiência visual em situação de inclusão. 2020. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2020.

BOZOLAN, S. M. O pensamento computacional: ensino e aprendizagem através do software processing. 2016. 145 f. **Dissertação** (Mestrado em Tecnologia da Inteligência e Design Digital) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2016.

BRACKMANN, C. P. Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica. **Tese** (doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2017.

BRACKMANN, C. P.; BARONE, D. A. C. ; CASALI, A.; ROMAN-GONZALEZ, M. **Panorama Global da Adoção do Pensamento Computacional. Pensamento Computacional na Educação Básica**. 1ed.Porto Alegre: Grupo A, p. 31-48, 2020.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. 2017. Disponível em: < <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/> >. Acessado em 25 maio 2022.

BRENNAN, K., RESNICK, M. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA'12), **Proceedings...**, Canada, 2012.

BROOKSHEAR, J. G. **Ciência da computação**: uma visão abrangente. Porto Alegre: Bookman, 2013

BUSSMANN, C. J. C. Pensamento matemático-computacional: uma teorização. 2019. 127p. **Tese** (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Programa de PósGraduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Paraná, 2019.

CAETANO, D. B. Estratégias e mediações para o ensino de geometria plana à luz do desenho universal pedagógico na perspectiva da educação matemática inclusiva.

2018. 193 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino na Educação Básica) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018

CÂMARA, F. S. S. Desenvolvimento de habilidades matemáticas com a inclusão do pensamento computacional nas escolas de ensino fundamental. 2019. 135f. **Dissertação** (Mestrado Profissional em Inovação em Tecnologias Educacionais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019

CARVALHO, F. J. R. de. Introdução à programação de computadores por meio de uma tarefa de modelagem matemática na educação matemática. 2018. 133 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, 2018

CARVALHO, M. M. D. A formação de conceitos das operações matemáticas fundamentais por estudante com deficiência intelectual na educação de jovens e adultos: desafios e perspectivas. 2019. 229f. **Tese** (Doutorado em Educação) - Centro de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019

CIEB. **Currículo de Referência em Tecnologia e Computação: da Educação Infantil ao Ensino Fundamental**. 2018. Disponível em: <<https://curriculo.cieb.net.br/>>. Acesso em: 05 jan. 2021

CHINELLATO, T. G. Formação continuada de professores com o uso de tecnologias digitais: produção de atividades de conteúdos matemáticos a partir do currículo paulista. 2019. 170p. **Tese** (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro

COSTA, E. J. F. Pensamento computacional na educação básica: uma abordagem para estimular a capacidade de resolução de problemas na matemática. 2017. 144 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência da Computação) – Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2017

CUNHA, M. F. Tecnologias digitais em cursos de licenciaturas em Matemática de uma universidade pública paulista. 2018. 250p. **Tese** (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro

CODE. ORG. **Instructor Handbook** - Code Studio Lesson Plans for Courses One, Two, and Three. CODE.ORG, 2015

CSIZMADIA, A.; CURZON, P.; DORLING, M.; et al. Computational 171 thinking - A guide for teachers , 2015. **Computing At School (CAS)**. Disponível em: <https://www.computingschool.org.uk/> Acesso em: 1/1/2016

CSTA. (2011). **Computational thinking teacher resources**. 2th edition. Disponível em: <<http://csta.acm.org/>> Acesso: maio/2015

DISESSA, A. A. Computational literacy and “the big picture” concerning computers in mathematics education. **Mathematical thinking and learning**, v. 20, n. 1, p. 3-31, 2018.

DREYFUS, T. Advances Mathematical Thinking. In: TALL, D. **Advances Mathematical Thinking**. Kluwer Academic, New York, Dordrecht, London, Moscow, 2002, p. 25-40.

DUDA, R. Uso da plataforma App Inventor sob a ótica construcionista como estratégia para estimular o pensamento algébrico. 2020. 175 f. **Tese** (Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2020.

DUARTE, D. M.; DAMAZIO, A. O ensino do conceito de função afim: uma proposição com base na teoria de Galperin. In: NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. (Orgs.). **Galperin e a teoria da formação planejada por etapas das ações mentais e dos conceitos: pesquisas e experiências para um ensino inovador** (pp. 199 – 246). Campinas: Mercado de Letras, 2018

EGIDO, S. V. Educação matemática e desenvolvimento do pensamento computacional no 3º ano do ensino fundamental: crianças programando jogos com Scratch. 2018. **Dissertação** (Mestrado em Educação Matemática) – Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2018.

EICKELMANN, B. Measuring secondary school students’ competence in computational thinking in ICILS 2018-Challenges, concepts, and potential implications for school systems around the world. In: KONG, S.; ABELSON, H. (Ed.). **Computational Thinking Education**. Singapore: Springer. 2019. p. 53 - 64.

EVARISTO, I. S. O pensamento computacional no processo de aprendizagem da matemática nos anos finais do ensino fundamental. 2019. 173 f. **Dissertação** (Mestrado em Gestão e Práticas Educacionais) - Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2019

EZEAMUZIE, N. O. et al. Discovering computational thinking in everyday problem solving: A multiple case study of route planning. **Journal of Computer Assisted Learning**, 2022.

FACCI, M. G. D. Prefácio. In: MENDONÇA, S. G. L.; PENITENTE, L. A. A.; MILLER, S. (Orgs.) **A questão do método e a teoria histórico-cultural: bases teóricas e implicações pedagógicas**. São Paulo: Cultura Acadêmica. 2017. p. 13 – 18.

FARIAS, S. A. D. Ensino-aprendizagem de triângulos: um estudo de caso no curso de licenciatura em Matemática a distância. 2014. 213 f. **Tese** (Doutorado em Educação) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

FERNANDES, S. F. P.. A formação de professores de ciências biológicas e a educação inclusiva: uma interface da formação inicial e continuada. 2012. 198 f.

Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

FERRAZ, A. A. Como é possível o conhecimento matemático: uma análise a partir da epistemologia genética. 2014. 111 f. **Dissertação** (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Filosofia e Ciências, 2014

FERREIRA, A. A. Q. Avançado com matemática!: um jogo computacional para alunos do quinto ano do ensino fundamental Duque de Caxias. 2016a. 138 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino das Ciências na Educação Básica) - Universidade do Grande Rio "Prof. José de Navarro Herdy", Duque de Caxias, 2016

FERREIRA, D. C. A intencionalidade na ação do professor de Matemática: discussões éticas da profissão docente. 2016b. **Dissertação** (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, 2016.

FOSSILE, D. K. Construtivismo versus Sócio-interacionismo: Uma introdução às teorias cognitivas. **Revista ALPHA**. Patos de Minas, UNIPAM, (11): 105-117, ago. 2010. Disponível em: <https://document.onl/download/link/construtivismo-versus-sociointeracionsimo>. Acesso em: 25 fev. 2021

FRANÇA, R. S.; SILVA, W. C; AMARAL, H. J. C. Ensino de Ciência da Computação na Educação Básica: Experiências, Desafios e Possibilidades. In: XX Workshop sobre Educação em Computação, Curitiba. **Anais** do XXXII CSBC, 2012.

GADANIDIS, G. Five Affordances of Computational Thinking to Support Elementary Mathematics Education. **Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching**, v.36 n.2 p.143-151, 2017.

GADANIDIS, G. et al. Computing in Mathematics Education: Past, Present, and Future. In: Handbook of Cognitive Mathematics. **Cham: Springer International Publishing**, 2021. p. 1-38

GALPERIN, P. Ya. Tipos de orientación y tipos de formación de acciones y de los conceptos. **Informe de la Academia de Ciencias Pedagógicas de la RSFSR**. Moscú, n2, 1959.

_____. **Las investigaciones acerca de la teoria de la formación pore tapas de las acciones mentales**. La Habana: Ed. Universidad de La Habana, 1976.

_____. **Introducción a la Psicología**. Un enfoque dialéctico. Madrid: Pablo del Rio Edior, S.A., 1979.

_____. The role of orientation in thought. **Soviet Psychology**, Moscou, v. 18, n. 2, p. 84-99, 1980.

_____. Sobre el método de formación por etapas de las acciones intelectuales. In: ILIASOV, I. I.; LIAUDIS, V. Ya. Antología de la psicología pedagógica y de las edades. La Hebana: **Pueblo** y Educación, 1986. p. 114-8.

_____. Stage-by-stage formation as a method of psychological investigation. **Journal of Russian and East European Psychology**, Armonk, v. 30, n. 4, p. 60-80, july/aug. 1992

_____. Sobre la formación de las imágenes sensoriales y de los conceptos. In: QUINTANAR R, Luís (Org). **La formación de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño**. Universidad Autónoma de Tlaxcala: Departamento de Educación Especializada, México. Prim. Reimp. 2001

_____. La formación de los conceptos y las acciones mentales. In: QUINTANAR, R. L. **Las funciones psicológicas en el desarrollo del niño**. México: Trillas, 2009. p. 80-90

GALVÃO, Daiane Leszarinski. O ensino de geometria plana para uma aluna com surdocegueira no contexto escolar inclusivo. 2017. 113 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017

GALVÃO, M. A. R. Objetivos e ações no ensino da matemática: investigando a coerência e os níveis de complexidade avaliados. 2006. 99 f. **Dissertação** (Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.

GODOY, J. S. A geometria presente em alguns livros didáticos dos anos finais do ensino fundamental. 2016. 97 f. **Dissertação** (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.

GONÇALVES, P. G. F. A orientação da ação de controle na resolução de problemas matemáticos em professores: uma experiência formativa à luz da Teoria de P. Ya. Galperin. 2020. 205f. **Tese** (Doutorado em Educação) - Centro de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020

GRASS, I. B. P. O desenvolvimento da autonomia e da criatividade e a formação da personalidade do estudante. In: MILLER, E.; BARBOSA, M. V.; MENDOZA, de L. S. G. (Org). **Educação e humanização**. Jundiaí: Paco Editorial, 2014.

GRASS, I. B. P. O método nas pesquisas educacionais: uma aproximação metodológica ao estudo do desenvolvimento cultural. In: MENDONÇA, S. G. L.; PENITENTE, L. A. A.; MILLER, S. (Orgs.) **A questão do método e a teoria histórico-cultural: bases teóricas e implicações pedagógicas**. São Paulo: Cultura Acadêmica. 2017. p. 13 – 18.

GRAVE, L. A. S. O pensamento computacional na prática: uma experiência usando Python em aulas de Matemática básica. 2021. 64 p. **Dissertação** (Mestrado em Matemática em Rede Nacional) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

GRAVINA, M. A. Os ambientes de geometria dinâmica e pensamento hipotético-dedutivo. 2001. 277 p. **Tese** (Doutorado e Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

GROVER, S.; COOPER, S.; PEA, R. Assessing computational learning in K-12. In **Proceedings** of the Conference on Innovation & Technology in Computer Science Education (pp. 57–62). Uppsala, Sweden, 2014.

GROVER, S.; PEA, R. Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. **Educational Researcher**, 42(1), 38–43, 2013.

HOOD, C. S.; HOOD, D. J. Toward integrating computing concepts into the K12 curriculum. **SIGCSE Bulletin**, 37(3), 375–375, 2005.

HOPPE, H. U.; WERNEBURG, S. Computational thinking—More than a variant of scientific inquiry!. In: KONG, S.; ABELSON, H. (Ed.). **Computational Thinking Education**. Singapore: Springer. 2019. P. 13 – 30.

IBICT. **Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações**. Brasília: IBICT, 2023.

IYER, S. Teaching-learning of computational thinking in K-12 schools in India. In: KONG, S.; ABELSON, H. (Ed.). **Computational Thinking Education**. Singapore: Springer. 2019. p. 363 – 382.

JAVARONI, S. L.; SILVA, E. C. Pensamento computacional nos Anos Finais do Ensino Fundamental. In: ROSSI, M. A.; SERRANO, E. P. G. (Org.). **Educação e Sociedade**. Bauru: Canal 6 Editora, 2019. p. 147-167.

_____. **Pensamento Computacional: teorias, práticas e concepções**. Curitiba: Editora UFPR, 2023 – no prelo.

JAVARONI, S. L.; ZAMPIERI, M. T. **Tecnologias Digitais nas aulas de Matemática: um panorama acerca das escolas públicas do Estado de São Paulo**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018

KAMINSKI, M. R; BOSCARIOLI, C. Uso do ambiente Code.org para ensino de programação no Ensino Fundamental I - uma experiência no Desafio Hora do Código. **Ensino de ciências e tecnologia em revista**, v. 9, p. 63-76, 2019.

KALELIOGLU, F.; GÜLBAHAR, Y.; KUKUL, V. A framework for computational thinking based on a systematic research review. **Baltic Journal of Modern Computing**, 4(3), 583, 2016.

KLEPKA, V. História da ciência como instrumento de reflexão metodológica no ensino de biologia. 2014. 195 f. **Dissertação** (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

KOGA, Thais Maya. O fazer modelagem matemática em um curso de licenciatura em química: análise de estratégias e ações. 2020. 131 f. **Dissertação** (Mestrado em

Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2020

KOLOGESKI, A. L. et al. Desenvolvendo o raciocínio lógico e o pensamento computacional: experiências no contexto do projeto logicando. **RENOTE**, v. 14, n. 2, 2016.

KONG, S. Components and methods of evaluating computational thinking for fostering creative problem-solvers in sênior primary school education. In: KONG, S.; ABELSON, H. (Ed.). **Computational Thinking Education**. Singapore: Springer. 2019. P. 119 - 141.

KOSIK, K. **Dialética do concreto**. 7. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1976.

KRAHE, E. D. As reformar na estrutura curricular de licenciaturas na década de 90: um estudo de caso comparativo: UFRGS (Brasil) – UMCE (Chile). 2000. 221 p. **Tese** (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

KRUTETSKII, Vadim Andreevich. **The psychology of mathematics abilities in schoolchildren**. Chicago: Chicago Press, 1976

LABUSCH, A.; EICKELMANN, B. Computational thinking as a key competence—A research concept. In S. C. Kong, J. Sheldon & K. Y. Li (Eds.), **Conference Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education 2017** (pp. 103–106). Hong Kong: The Education University of Hong Kong, 2017.

LABUSCH, A.; EICKELMANN, B.; VENNEMANN, M. Computational thinking processes and their congruence with problem-solving and information processing. In: KONG, S.; ABELSON, H. (Ed.). **Computational Thinking Education**. Singapore: Springer. 2019. p. 65 - 78.

LEÓN, G. F. Para Leer a Galperin. In: NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. (Orgs.). **Galperin e a teoria da formação planejada por etapas das ações mentais e dos conceitos: pesquisas e experiências para um ensino inovador** (pp. 79 – 100). Campinas: Mercado de Letras, 2018.

LEONTIEV, A. **O desenvolvimento do psiquismo**. Lisboa: Livro Horizonte, 1978.

LIMA, Emiliana Silva de. Teoria da formação das ações mentais por etapas de Galperin: uma proposta para o ensino de ciências articulado com a alfabetização e o letramento. 2019. **Dissertação** (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2019

LIMA, I. G. de. A equilibração dos processos cognitivos na aprendizagem de matemática no ambiente do Mecan. 2004. 230 p. **Tese** (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004

LIRA, H. S. S. Contribuições da teoria das ações mentais no ensino-aprendizagem de conteúdos químicos para uma turma de jovens e adultos. 2018. **Dissertação**

(Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2018.

LIUKAS, L. **Hello Ruby**: adventures in coding. Feiwei & Friends, 2015.

LU, J. J.; FLETCHER, G. H. L. Thinking about computational thinking. In: **Proceedings** of the 40th ACM technical symposium on Computer science education. 2009. p. 260-264

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas. **Editora Pedagógica e Universitária**, 1986

LUNA, E. R. M. A formação de alunos monitores de biologia no ensino médio numa perspectiva sócio-histórica. 2019. 126 f. **Dissertação** (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2019.

MACHADO, J. A. C. Pensamento computacional integrado à Matemática: uma proposta de atividades de estudo para o 6º ano do Ensino Fundamental II. 2021. 365 p. **Dissertação** (Mestrado em Tecnologias Educacionais em Rede) – Universidade Federak de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

MALTEMPI, M. V. Novas Tecnologias e Construção de Conhecimento: Reflexões e Perspectivas. 2005. In: **V Congresso Ibero-americano de Educação Matemática** (CIBEM). Porto, Portugal. 2011.

MALTEMPI, M. V.; JAVARONI, S. L.; BORBA, M. C. Calculadoras, Computadores e Internet em Educação Matemática: dezoito anos de pesquisa. **Bolema-Boletim de Educação Matemática**, v. 25, n. 41, p. 43-72, 2011.

MARCELINO, S. B. Adquirir fluência e pensar matemática com tecnologias: uma abordagem com o superLogo. 2014. 110 f. **Dissertação** (Mestrado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2014.

MARINO FILHO, A. O método na psicologia do desenvolvimento e a formação de adolescentes e jovens. In: MENDONÇA, S. G. L.; PENITENTE, L. A. A.; MILLER, S. (Orgs.) **A questão do método e a teoria histórico-cultural: bases teóricas e implicações pedagógicas**. São Paulo: Cultura Acadêmica. 2017. p. 13 – 18.

MARTINHO, M. H. S. S. A comunicação na sala de aula de Matemática: um projecto colaborativo com três professoras do ensino básico. 2007. 472 f. **Tese** (Doutorado em Educação) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2007

MARTINS, A. R. Q.; ELOY, A. A. S. **Educação integral por meio do pensamento computacional**: letramento em programação, relatos de experiência e artigos científicos. Curitiba: Appris, 2019.

MARTINS, L. M.; RABATINI, V. G. A concepção de cultura em Vigotski: contribuições para a educação escolar. **Revista Psicologia Política**, v. 11, n. 22, p. 345-358, 2011.

MARX, K. **Grundrisse: manuscritos de 1857-1858. Esboço da crítica da economia política**. São Paulo: Boitempo, 2011

MASSA, N. P. Mapeamento do pensamento computacional por meio da ferramenta scratch no contexto educacional brasileiro: análise de publicações do Congresso Brasileiro de Informática na Educação entre 2012 e 2017. 2019. 155f. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2019.

MASIULIONYTĖ-DAGIENĖ, V.; JEVSIKOVA, T. Assessing Computational Thinking: The Relation of Different Assessment Instruments and Learning Tools. In: **International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives**. Springer, Cham, 2022. p. 66-77.

MELO, J. M. R. de. Conceito de integral: uma proposta computacional para seu ensino e aprendizagem. 2002. 180 f. **Dissertação** (Mestrado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2002.

MENEZES, D. B. O ensino do cálculo diferencial e integral na perspectiva da Sequência Fedathi: caracterização do comportamento de um bom professor. 2018. 128f. **Tese** (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

MESTRE, P. A. A. O uso do pensamento computacional como estratégia para resolução de problemas matemáticos. 2017. 91f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência da Computação) – Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2017.

MEZZAROBBA, C. D. Problemas de lógica como motivadores do fazer matemática no sexto ano. 2009. 145 f., il. **Dissertação** (Mestrado em Educação) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009

MIGUEL, C. C. O papel das interações e linguagens no ensino de ciências tecnológicas no contexto da educação infantil. 2019. 143 p. **Dissertação** (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019

MODESTO E. Docentes em serviço: sujeitos e subjetividades na formação de professores. 2016. **Dissertação** (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Triângulo Mineiros, 2016.

MORAES, M. C. Informática educativa no Brasil: uma história vivida, algumas lições aprendidas. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 1, n. 1, p. 19-44, 1997

MOREIRA, S. Ensino de Matemática para surdos: uma abordagem bilíngue. 2018. 103 f. **Dissertação** (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2018

MORELATTI, M. R. M.; SOUZA, Luiz Henrique Gazeta de . Aprendizagem de conceitos geométricos pelo futuro professor das séries iniciais do Ensino

Fundamental e as novas Tecnologias. **Educar em Revista (Impresso)**, v. 28, p. 263-275, 2006.

MOTA, R. J. M. Lentes sobre o corpo em cena: indícios da obilização para a trajetória formativa. 2013. 93 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

MÜLLER, G. C. Compreendendo os procedimentos de adição de alunos de 4ª série: um estudo a partir da epistemologia genética. 2003. **Dissertação** (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

NASCIMENTO, J. B. Jogos digitais e probabilidades: uma possibilidade de ensino interdisciplinar. 103 f. **Dissertação** (Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. 178 p.

NAVARRO, E. R. O desenvolvimento do conceito de pensamento computacional na educação matemática segundo contribuições da teoria histórico-cultural. 2021. **Tese** (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2021.

NOLETO, C. A. S. A construção do número pela criança com deficiência intelectual: a percepção entre diferentes ambientes escolares. 2017. 148 f., il. **Dissertação** (Mestrado em Educação) —Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

NUNES, D. **Ciência da Computação na Educação Básica**, 2011. Disponível em: <<http://gestaouniversitaria.com.br/artigos/ciencia-da-computacao-na-educacao-basica--3>>. Acesso em: 02 jan. 2023

NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. **Galperin e a teoria da formação planejada por etapas das ações mentais e dos conceitos: pesquisas e experiências para um ensino inovador**. Campinas: Mercado de Letras, 2018.

NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L.; OLIVEIRA, M. V. F. A formação de habilidades gerais no contexto escolar: contribuições da teoria de P. Ya. Galperin. In: NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. (Orgs.). **Galperin e a teoria da formação planejada por etapas das ações mentais e dos conceitos: pesquisas e experiências para um ensino inovador** (pp. 23 – 78). Campinas: Mercado de Letras, 2018.

OLIVEIRA, C. R. Julgando sob incerteza: heurísticas e vieses e o ensino de probabilidade e estatística. 2016. **Dissertação** (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

OLIVEIRA, G. K. A. P. Inclusão na Educação Superior: novas tessituras para o campo da docência universitária. 2021. 215 f. **Tese** (Doutorado em Educação) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky aprendizado e desenvolvimento**. um processo sócio-histórico. São Paulo, Scipione, 1993.

ORTIZ, J. S. B.; PEREIRA, R. Ten Years of Initiatives to Promote Computational Thinking: A Systematic Mapping of Literature. **Journal on Computational Thinking (JCThink)**, v. 3, n. 1, p. 95-95, 2019.

PAPERT, S. **Mindstorms**: children, computers and powerful ideas. New York: Basic Books, 1980

_____. Different visions of logo. **Computers in the Schools**, v. 2, n. 2-3, p. 3-8, 1985.

_____. **Constructionism: a new opportunity for elementary science education**. Massachusetts Institute of Technology. The Epistemology and Learning Group. Proposta para a National Science Foundation. 1986.

_____. **The Children's Machine**. N.Y.: Basic Books, 1992.

PATTON, E. W.; TISSENBAUM, M; HARUNANI, F. MIT App Inventor: Objectives, Design, and Development. In: KONG, S.; ABELSON, H. (Ed.). **Computational Thinking Education**. Singapore: Springer. 2019. p. 31 - 49.

PAVANELLO, R. M. O abandono do ensino da geometria no Brasil: causas e consequências. **Zetetiké**, v. 1, n. 1, 1993

PEDRANCINI, V. D. A organização do ensino de biologia e o desenvolvimento do pensamento conceitual. 2008. 225 p. **Dissertação** (Mestrado em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

PEIXOTO, J. L. B. Análise dos esquemas de surdos sinalizadores associados aos significados da divisão. 2016. 266f. **Tese** (Doutorado Multi-Institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

PEREIRA, J. P. L. Programação e pensamento computacional no 8º e 9º ano do Ensino Fundamental: um estudo de caso. 2019. 117 f. **Dissertação** (Mestrado Profissional em Matemática) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019

PIRES, K. M. Relações métricas no triângulo retângulo com Geogebra. 2018. 46 f. **Dissertação** (Mestrado Profissional) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2018

POUPART, J. A entrevista de tipo qualitativo: considerações epistemológicas, teóricas e metodológicas. In: POUPART, J. et al. (Org.). **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis, Vozes, 2008. p. 215-253

PRESTES, Z. O rigor metodológico em pesquisa bibliográfica. **Ensino Em Re-Vista**. V. 19, n. 2, p. 403-407, jul./dez. 2012

RACHELLI, J. Compreensão Dos Conceitos De Derivada Clássica E Derivada Fraca: Análise Segundo O Modelo Cognitivo Apos. 2017. 294f. **Tese** (Programa de Pós-

Graduação em Ensino de Ciências e Matemática) - Centro Universitário Franciscano, Santa Maria – RS

REGO, T. C. **Vygotsky**: uma perspectiva histórico-cultural da educação. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1995.

RIBEIRO, I. S. S. Análise das contribuições de um curso de formação de professores para o ensino do conteúdo de divisão a partir dos sete processos mentais básicos. 2021. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021

RIBEIRO, L.; NUNES, D. J.; CRUZ, M. K. DA; MATOS, E. S. Computational Thinking: Possibilities and Challenges. 2nd Workshop-School on Theoretical Computer Science. **Anais....** 2013.

RIBEIRO, L.; GRANVILLE, L. ; SEREY, D. ; CAVALHEIRO, S. A. C. . Diretrizes de ensino de Computação na Educação Básica. In: Amilton Martins, Adelmo Eloy. (Org.). **Educação integral por meio do pensamento computacional**. 1ed. Curitiba: Editora Appris, 2019, v. , p. 62-81.

RIMAT, F. **Intelligenz untersuchungen anschliessend an die Ach'sche Suchmethode**. Goettingen, G. Calvoer, 1925

ROCHA, J. S. Aprendizagem de Matemática na Educação a Distância online: especificações de uma interface que facilite o tratamento algébrico para aprendizagem colaborativa entre pares. 2012. 153 p. **Dissertação** (Mestrado em Educação Matemática e Tecnologia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012

RODRIGUES, R. S. Um estudo sobre os efeitos do pensamento computacional na educação. 2016. 100 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2016.

ROMANELLI, N. A questão metodológica na produção vigotskiana e a dialética marxista. [Dossiê Diálogos com Vigotski: psicologia, educação e arte]. **Psicologia em Estudo**: Maringá, v. 16, n. 2. p. 199-208. 2011.

SAKAI, E. C. T. Metanálise das pesquisas brasileiras desenvolvidas na perspectiva Galperiana em contexto de formação inicial de professores de Matemática (2003 – 2018). 2021. 254 p. **Tese** (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2021.

SANFORD, J. F.; NAIDU, J. T. Computational thinking concepts for grade school. **Contemporary Issues in Education Research (CIER)**, v. 9, n. 1, p. 23-32, 2016.

SANTOS, C. F. R. dos. A robótica educacional como recurso de mobilização e explicitação de invariantes operatórios na resolução de problemas. 2018. 189 f. **Tese** (Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018

SANTOS, C. G. dos. Estratégias para implantação e avaliação de um método educacional desplugado com histórias em quadrinhos para o ensino e aprendizagem associados ao desenvolvimento do pensamento computacional com alunos do ensino fundamental. 2019. 196 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.

SANTOS, G. P. dos. Educação e tecnologia no interior da Amazônia: o pensamento computacional e as tecnologias da informação e comunicação como auxílio em processo de ensino-aprendizagem. 2018. 184 p. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências da Educação, Santarém, 2018

SANTOS, L. Perspectivas de professores de Matemática: pensamento computacional e práticas pedagógicas. 2021. 204p. **Dissertação** (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro

SANTOS, P. S. C., ARAUJO, L. G. J.; BITTENCOURT, R. A. **Um Mapeamento Sistemático Abrangente de Pensamento Computacional e Programação na Educação Básica Brasileira**. (Pre-Print). 2019.

SASSI, S. B.; MACIEL, C.; PEREIRA, V. C. Revisão sistemática de estudos sobre computação desplugada na educação básica e superior de 2014 a 2020: tendências no campo. **Revista Contexto & Educação**, v. 36, n. 114, p. 10-30, 2021.

SBC. **Diretrizes para ensino de Computação na Educação Básica**. 2019.

SCUCUGLIA, R. S. R.; GADANIDIS, G.; RONDINI, C. A.; BORBA, M. C.; HUGHES, J. M. Pensamento Sensível-Computacional de Professores de Matemática em Formação em Loops Aninhados. **Perspectivas da Educação Matemática**, v. 13, n. 32, p. 1-18, 2020.

SEOW, P.; LOOI, C.; HOW, M.; WADHWA, B.; WU, L. Educational policy and implementation of computational thinking and programming: case study of Singapore. In: KONG, S.; ABELSON, H. (Ed.). **Computational Thinking Education**. Singapore: Springer. 2019. p. 345 - 119 - 361

SETZER, V. W. **Um antídoto contra o pensamento computacional**. 2006

SHUTE, V. J.; SUN, C.; ASBELL-CLARKE, J. Demystifying computational thinking. **Educational Research Review**, 22, 142–158, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>

SILVA, A. J. O. Aprendizagem do conceito fração: um experimento de ensino baseado na teoria do ensino desenvolvimental. 2018. 261 fl. **Dissertação** (Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia-GO

SILVA, C. T. J. A engenharia didático-informática na prototipação de um software para abordar o conceito de taxa de variação. 2016. 163f. **Dissertação** (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SILVA, E. C. Pensamento Computacional e a formação de conceitos matemáticos nos anos finais do ensino fundamental: uma possibilidade com kits de robótica. 2018. 264f. **Dissertação** (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro.

SILVA, E. C.; ABREU, S. L. A.; JAVARONI, S. L. Espaço formativo com professoras do 5º ano: uma parceria entre universidade e escola voltada para o uso do Scratch Júnior em sala de aula. In: Emanuella Silveira Vasconcelos; Hellen Cris de Almeida Rodrigues; George Brendon Pereira dos Santos; Sebastião Monteiro Oliveira. (Org.). **Universidade e Escola: Contextos de Ensino e Aprendizagem**. 1ed.Boa Vista: Editora da UFRR, 2020, p. 107-122

SILVA, E. C.; JAVARONI, S. L. Pensamento computacional na Educação Matemática: um panorama possível. In: **Anais**, 14 Encontro Paulista de Educação Matemática (pp. 456-467). São Paulo: Sociedade Brasileira de Educação Matemática - Regional São Paulo, 2020.

SILVA, E. C.; ZAMPIERI, M. T.; JAVARONI, S. L. Pensamento computacional e programação: impactos na formação de professores e contribuições para práticas pedagógicas interdisciplinares. In Martins, A. R. Q.; Silva, A. A. (Orgs.). **Educação Integral por meio do pensamento computacional** (pp. 206-231). Curitiba: Appris, 2019.

SILVA, F. F. Tecnologias digitais no ensino de Matemática: um olhar para escolas do Programa Ensino Integral. 2020. 126p. **Dissertação** (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro

SILVA, F. M. Pensamento Computacional: uma análise dos documentos oficiais e das questões de Matemática dos vestibulares. 2020. 131 f. **Dissertação** (Mestrado em Educação para Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2020.

SILVA, J. E. F. Micromundo hipertextual & educação matemática. 2015. 162 f. **Tese** (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2015.

SILVA, L. C. L. A relação do Pensamento Computacional com o ensino de Matemática na Educação Básica. 2019. 129 f. **Dissertação** (Mestrado Profissional) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2019.

SILVA, M. J. C. As Estratégias no jogo Quarto e suas relações com a resolução de problemas matemáticos. 2008. 196p. **Tese** (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, 2008.

SILVA, M. M. Estágio supervisionado: planejamento compartilhado como organizador da atividade pedagógica. 2014. 244 f. **Dissertação** (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014

SILVA, R. S. Os indícios de um processo de formação: a organização do ensino no clube de matemática. 2013. 213 f. **Dissertação** (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013

SILVA, S. P. O uso da lógica de programação para a Educação Matemática no Ensino Médio: experiências com o Scratch. 2016. 135 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

SILVA, V. L. C. A formação de professores formadores de Matemática da rede municipal de ensino de Teresina no uso pedagógico das tecnologias com ênfase no Pensamento Computacional. 2021. 110p. **Dissertação** (Mestrado em Gestão e Avaliação da Educação Pública) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2021.

SILVA JÚNIOR, A. M. Microgênese do desenvolvimento sociocultural do raciocínio lógico-matemático mediado por tecnologias educacionais. 2018. 135 f. **Dissertação** (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2018

SIPSER, M. Introduction to the Theory of Computation. **ACM Sigact News**, v. 27, n. 1, p. 27-29, 1996.

SIQUEIRA, B.; SANTOS, L.; SILVA, E. C.; JAVARONI, S. L. Pensamento computacional e o processo de ensino e aprendizagem interdisciplinar nos anos finais do ensino fundamental. In SILVA, A. M.; SILVA FILHO, V. C. S. (Orgs.) **(Des)Estímulos às teorias, conceitos e práticas da educação**. (pp. 18-28). Ponta Grossa: Atena, 2021.

SOUSA, P. A.; GUIMARAES, D. R.; AMARAL-SCHIO, R. B.. Um estudo da presença da simetria nos livros didáticos de Matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental. **EM TEIA – Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana**, v. 12, p. 1-30, 2021

SOUZA, P. H. G. Pensamento computacional, Scratch e Matemática: possíveis relações. 2021. 162f. **Dissertação** (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro

TALÍZINA, N. F. **Psicología Pedagógica**. Moscú: Ed. Academia. 1998.

_____. **Manual de Psicología Pedagógica**. San Luis Potosi: Editora de la Facultad de Psicología de San Luis Potosí, S. L. P., 2000.

_____. La formación de los conceptos matemáticos. In TALÍZINA, N. F. **La formación de las habilidades del pensamiento matemático**. San Luis Potosi: Editora Universidad de San Luis Potosí, S.L.P., pp. 21-39, 2001.

TCHOUBOUKOVA, T. V. Léxico russo na língua portuguesa: aspecto histórico-cultural. **Polifonia**, v. 4, p. 183-192, 2001.

TEDRE, M.; DENNING, P. J. The long quest for computational thinking. In: **Proceedings** of the 16th Koli Calling international conference on computing education research. 2016. p. 120-129

TEIXEIRA, C. G. Análise de produções de crianças do quarto ano revelando criatividade na educação matemática. 2007. 121 f. **Dissertação** (Mestrado em Educação) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007

RUBINSTEIN, S. L. **El ser y la conciencia**. Ciudad de La Habana: Pueblo y Educación, 1978.

VALENTE, J. A. Diferentes usos do computador na educação. **Em aberto**, v. 12, n. 57, 1993.

VALENTE, J. A. (org) – **O computador na sociedade do conhecimento – Campinas**, SP: Unicamp/NIED, 1999.

_____. **A espiral da espiral de aprendizagem: o processo de compreensão do papel das tecnologias de informação e comunicação na educação**. 2005. 238 p. Tese (livredocência) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Artes, Campinas, SP. Disponível em: <https://aprendizagemcriativa.org/sites/default/files/2020-11/A_espiral_da_espiral_de_aprendizagem_o_processo_de_compreenso_do_papel_das_tecnologias_de_informao_e_comunicao_na_educacao.pdf>. Acesso em: 02 jan. 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**, v. 14, n. 3, p. 864-897, 2016

_____. Pensamento computacional, letramento computacional ou competência digital? Novos desafios da educação. **Revista educação e cultura contemporânea**, v. 16, n. 43, p. 147-168, 2019

_____. Pensamento Computacional: diferentes abordagens teóricas e pedagógicas. 2023 – no prelo.

VIGINHESKI, L. V. M. Uma abordagem para o ensino de produtos notáveis em uma classe inclusiva: o caso de uma aluna com deficiência visual. 2013. 155 f.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

VIGINHESKI, L. V. M. O soroban na formação de conceitos matemáticos por pessoas com deficiência intelectual: implicações na aprendizagem e no desenvolvimento. 2017. 275 f. **Tese** (Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

_____. **Teoria e método em psicologia**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

_____. **Pensamiento y lenguaje**. La Habana: Edición Revolucionaria, 1981.

_____. **Obras Escogidas IV**. Madrid: Visor Distribuciones, 1996

_____. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

_____. Historia del Desarrollo de las Funciones Psíquicas Superiores. In Lev S. Vygotski. **Obras Escogidas. Tomo III**. Madri: Visor/MEC, 1995.

_____. **Obras Escogidas**. Madrid: Machado Nuevo Aprendizaje, 2014. Tomo II.

_____. **Obras Escogidas**. Madrid: Machado Nuevo Aprendizaje, 2014. Tomo III.

_____. **Obras Escogidas**. Madrid: Machado Nuevo Aprendizaje, 2014. Tomo IV.

_____. **Obras Escogidas**. Madrid: Machado Nuevo Aprendizaje, 2014. Tomo VI.

_____. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

WILSON, C. et al. **Running on empty: The failure to teach k-12 computer science in the digital age**. ACM, 2010.

WING, J. M. Computational thinking. **Commun. ACM**, v. 49, n. 3, p. 33–35. 2006.

_____. Computational thinking and thinking about computing. **Philosophical transactions of the royal society of London A: mathematical, physical and engineering sciences**, v. 366, n. 1881, p. 3717-3725, 2008.

_____. **Computational Thinking: What and Why?**, 17. out. 2010. Disponível em: < <http://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2020.

_____. Computational Thinking Benefits Society. **Social Issues in Computing**, 2014. Disponível em: < <http://socialissues.cs.toronto.edu/2014/01/computational-thinking/>>. Acesso em: 02 fev. 2020.

_____. Pensamento Computacional – Um conjunto de atitudes e habilidades que todos, não só cientistas da computação, ficaram ansiosos para aprender e usar. **Revista Brasileira de Ensino, Ciência e Tecnologia (RBECT)**, Ponta Grossa, v. 9, n. 2, p. 1-10, mai./ago. 2016.

ZAMPIERI, M. T. Ações colaborativas de formação continuada de educadores matemáticos: saberes constituídos e mobilizados. 2018. 280f. **Tese** (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro

ZAMPIERI, M. T.; SANTOS, L.; SILVA, E. C.; SOUZA, P. H. G.; JAVARONI, S. L. Formação em serviço de professores; um olhar para o desenvolvimento do pensamento computacional em projetos interdisciplinares. 2023 – no prelo.

ZANELLA, A. V. et al. Questões de método em textos de Vygotski: contribuições à pesquisa em psicologia. **Psicol. Soc.**, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 25-33, Aug. 200. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-71822007000200004&lng=en&nrm=iso>. access on 20 June 2020. <https://doi.org/10.1590/S0102-71822007000200004>.

ZAPATA-ROS, M. Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. **Educación a Distancia**, Murcia, v. 46, n. 4, p. 1-47, 2015.

ZILIO, C. Robótica educacional no ensino fundamental I: perspectivas e práticas voltadas para a aprendizagem da Matemática. 2020. 72f. **Dissertação** (Mestrado em Educação em Ciências) – Instituto de Ciências Básicas da Saúde. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

APÊNDICE A – CARTA DE APRESENTAÇÃO DA PESQUISA



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

UNESP, Rio Claro - SP



CARTA DE APRESENTAÇÃO DE PROJETO DE PESQUISA

À Senhora

LUCIMAR FERREIRA DOS SANTOS AMORIM

Diretora da Escola Estadual Adélio Ferraz de Castro

Endereço: Rua Fioravante Restivo, 165, Centro, Vargem – SP, 12935-000.

Assunto: **Apresentação de Projeto de Pesquisa e solicitação de autorização condicionada**

Prezada Senhora,

Apresentamos o Projeto de Pesquisa “As inter-relações do pensamento computacional com a gênese do processo de formação das ações mentais: um olhar para a interiorização da atividade externa em interna em aulas de Matemática”, desenvolvido pelo doutorando Prof. Me. Eliel Constantino da Silva sob a orientação da Profa. Dra. Sueli Liberatti Javaroni.

A pesquisa tem como objetivo investigar as possíveis relações do pensamento computacional com a gênese do processo de formação das ações mentais, de modo a contribuir com a formação de conceitos matemáticos de estudantes do Ensino Médio. Os momentos de desenvolvimento de atividades serão filmados para registro da pesquisa e serão utilizados somente para esse fim. O desenvolvimento das atividades com os nove estudantes que serão escolhidos pela gestão escolar será realizado em cinco encontros de forma remota pelo Google Meet.

Solicitamos autorização para que a pesquisa seja realizada com nove estudantes que serão agrupados em trios. A escolha dos estudantes pode ser realizada pela gestão escolar, bastando apenas que os membros de cada equipe sejam da mesma turma. Queremos informar que o caráter ético desta pesquisa assegura a preservação da identidade das pessoas participantes.

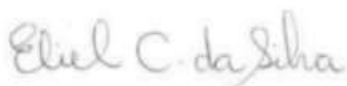
Uma das metas para a realização deste estudo é o comprometimento do pesquisador em possibilitar, aos participantes, um retorno dos resultados da pesquisa. Solicitamos ainda a

permissão para a divulgação desses resultados e suas respectivas conclusões, em forma de pesquisa, preservando sigilo e ética, conforme termo de assentimento livre e esclarecido que será assinado pelos participantes envolvidos. Esclarecemos que tal autorização é uma pré-condição.

As informações a serem oferecidas para o pesquisador serão guardadas pelo tempo que determinar a legislação e não serão utilizadas em prejuízo desta instituição e/ou das pessoas envolvidas, inclusive na forma de danos à estima, prestígio e/ou prejuízo econômico e/ou financeiro. Além disso, durante ou depois da pesquisa é garantido o anonimato de tais informações.

Agradecemos vossa compreensão e colaboração no processo de desenvolvimento desta pesquisa de Doutorado. Em caso de dúvida, você pode encontrar o pesquisador no telefone: (18) 98207-0463 ou pelo e-mail: elielconstantinosilva@gmail.com.

Atenciosamente,



.....

Eliei Constantino da Silva

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus Rio Claro

APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA
UNESP, Rio Claro - SP

**CARTA DE INFORMAÇÃO - PARTICIPAÇÃO EM PESQUISA****Introdução**

Meu nome é Eliel Constantino da Silva, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Estadual Paulista (UNESP), IGCE, Campus de Rio Claro. Sou orientando da Profa. Dra. Sueli Liberatti Javaroni, professora do referido Programa de Pós-Graduação e do Departamento de Matemática (DM), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Bauru.

Objetivo do estudo

Por meio da questão norteadora de que modo a gênese do processo de formação das ações mentais pode possibilitar a identificação do desenvolvimento do pensamento computacional e a contribuição deste para a formação de conceitos matemáticos de estudantes do Ensino Médio?, o objetivo neste estudo é investigar as possíveis relações do desenvolvimento do pensamento computacional com a gênese do processo de formação das ações mentais, de modo a contribuir com a formação de conceitos matemáticos de estudantes do Ensino Médio.

Se você concordar em participar

Se você concordar em participar deste estudo, os momentos de desenvolvimento de atividades serão filmados para registro da pesquisa e serão utilizados somente para esse fim. O desenvolvimento das atividades será realizado em cinco encontros de forma remota pelo Google Meet. Nesses encontros você participará de duas entrevistas e realizará atividades utilizando ambiente de programação. A partir desses registros será produzida uma tese de doutorado, a qual será publicada na Internet, ou seja, de domínio público.

Confidencialidade

A informação registrada será utilizada para fins de pesquisa em Educação Matemática. Transcrições de falas, falas em áudio, imagens e registros dos participantes serão utilizados/revelados em relatórios de pesquisa, artigos, livros e, principalmente, na publicação de uma tese.

Riscos e Participação voluntária

A participação será voluntária e não lhe causará riscos. Todavia, você poderá se sentir desconfortável por timidez, por exemplo, para expor suas ideias ao resolver as atividades propostas. Durante a realização das ações, o participante tem o direito de deixar a pesquisa a qualquer momento, sem constrangimento ou penalização alguma. Além disso, em casos de dano decorrente da pesquisa fica estabelecido que é seu direito ser indenizado nos termos da Lei e ser ressarcido das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa. Coloco-me a disposição para eventuais esclarecimentos por meio do email elielconstantinosilva@gmail.com e pelo telefone/WatsApp: (18) 98207-0463. Esta carta de informação e assentimento tem como objetivo fundamental a ciência e autorização do uso das falas e produções do participante.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

Departamento de Educação Matemática

UNESP, Rio Claro - SP



**CARTA DE ASSENTIMENTO E AUTORIZAÇÃO
PARTICIPAÇÃO EM EXPERIMENTO DE ENSINO
(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 510/16)**

Declaro que li a carta de informação, entendi a natureza do estudo e concordo em participar.
Declaro ciência e concordância com relação as questões éticas sobre uso público de falas e
imagens no desenvolvimento e divulgação das publicações associadas ao trabalho.

Nome do participante: _____

Local: _____

Data: _____

Autorizo que meu nome seja mantido no trabalho:

(☐) Sim

(☐) Não. Sugiro que meu nome seja alterado para: _____

Assinatura: _____

Comentários do participante: _____

Comentários do pesquisador: _____

APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA****“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”****INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS****PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA****UNESP, Rio Claro - SP****CARTA DE INFORMAÇÃO AOS PAIS OU RESPONSÁVEIS LEGAIS -
PARTICIPAÇÃO EM PESQUISA****Introdução**

Meu nome é Eliel Constantino da Silva, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Estadual Paulista (UNESP), IGCE, Campus de Rio Claro. Sou orientando da Profa. Dra. Sueli Liberatti Javaroni, professora do referido Programa de Pós-Graduação e do Departamento de Matemática (DM), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Bauru.

Objetivo do estudo

Por meio da questão norteadora de que modo a gênese do processo de formação das ações mentais pode possibilitar a identificação do desenvolvimento do pensamento computacional e a contribuição deste para a formação de conceitos matemáticos de estudantes do Ensino Médio?, o objetivo neste estudo é investigar as possíveis relações do pensamento computacional com a gênese do processo de formação das ações mentais, de modo a contribuir com a formação de conceitos matemáticos de estudantes do Ensino Médio.

Se você concordar em participar

Se você consentir com a participação do estudante no qual você é responsável, ele(ela) participará dos momentos de desenvolvimento de atividades vinculadas a pesquisa que serão filmados para registro da pesquisa e serão utilizados somente para esse fim. O desenvolvimento das atividades será realizado em cinco encontros de forma remota pelo Google Meet. Nesses encontros ocorrerá a participação em duas entrevistas e a realização de atividades utilizando ambiente de programação. A partir desses registros será produzida uma tese de doutorado, a qual será publicada na Internet, ou seja, de domínio público.

Confidencialidade

A informação registrada será utilizada para fins de pesquisa em Educação Matemática. Transcrições de falas, falas em áudio, imagens e registros dos participantes serão utilizados/revelados em relatórios de pesquisa, artigos, livros e, principalmente, na publicação de uma tese.

Riscos e Participação voluntária

A participação será voluntária e não causará riscos aos participantes. Todavia, o estudante poderá se sentir desconfortável por timidez, por exemplo, para expor as ideias ao resolver as atividades propostas. Durante a realização das ações, o participante tem o direito de deixar a pesquisa a qualquer momento, sem constrangimento ou penalização alguma. Além disso, em casos de dano decorrente da pesquisa fica estabelecido que é direito dele(dela) ser indenizado nos termos da Lei e ser ressarcido das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa.

Coloco-me a disposição para eventuais esclarecimentos por meio do email elielconstantinosilva@gmail.com e pelo telefone/WatsApp: (18) 98207-0463. Esta carta de informação e consentimento tem como objetivo fundamental a ciência e autorização do uso das falas e produções do participante.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

Departamento de Educação Matemática

UNESP, Rio Claro - SP



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - (TCLE)
(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 510/16)

Você é responsável por um participante que está sendo convidado a participar de uma pesquisa de Doutorado intitulada *“As inter-relações do pensamento computacional com a gênese do processo de formação das ações mentais: um olhar para a interiorização da atividade externa em interna em aulas de Matemática”*, que será desenvolvida por Eliel Constantino da Silva, RG 411366919, CPF 410.774.688-73, pertencente ao programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, sob a orientação da Profa. Dra. Sueli Liberatti Javaroni, professora do referido Programa de Pós-Graduação e do Departamento de Matemática, (DM), da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), *campus* de Bauru.

O objetivo da referida pesquisa é investigar as possíveis relações do desenvolvimento do pensamento computacional com a gênese do processo de formação das ações mentais, de modo a contribuir com a formação de conceitos matemáticos de estudantes do Ensino Médio.

Com o aceite deste convite, o participante participará de um experimento de ensino composto por cinco encontros. Cada momento terá duração de até 2h e será realizado via Google Meet, onde ocorrerá a gravação de áudio e imagem das nossas interações. Nesses cinco encontros ocorrerá a participação em duas entrevistas e a participação de atividades que serão realizadas utilizando ambientes de programação.

Esses encontros serão agendados conforme a disponibilidade do participante e de sua equipe. Cada equipe será composta por três estudantes. Transcrições de falas e informações passadas pelos participantes serão utilizados em relatórios de pesquisa, artigos, livros e, principalmente, na publicação de uma tese de doutorado, de domínio público. Fica, a critério do participante, a utilização de seu nome ou de um nome fictício para se referir aos participantes. Durante a entrevista, a discussão será voltada ao objetivo da pesquisa, buscando compreender aspectos do meio cultural e social dos estudantes, bem como os significados de palavras faladas e/ou escritas por eles durante a realização das atividades, buscando alcançar a totalidade na compreensão dos processos psíquicos desenvolvidos no decorrer das ações realizadas.

Existem riscos mínimos ao participante, como a possibilidade de ele sentir-se constrangido em ter divulgado alguma opinião/relato sobre aspectos culturais e sociais do seu ambiente de vivência ou alguma fala na realização das atividades. Nesse sentido, destacamos que o participante poderá, a qualquer momento, pedir para que seja retirada/corrigida toda manifestação que ele tiver durante a coleta de dados. Além disso, está garantido ao participante, caso queira, o seu anonimato na divulgação dos resultados.

Para minimizar tais riscos, serão adotados alguns procedimentos, tais como: agendamento prévio da coleta de dados; presença no Google Meet apenas do pesquisador e os membros do trio de estudantes; permissão que o participante tenha acesso às perguntas antes da gravação da entrevista, caso seja de sua vontade; aceitar a solicitação de interrupção da gravação do procedimento em áudio ou imagem, pelo participante ou providenciar tal

interrupção, caso observe alterações de humor ou saúde que coloquem o participante em risco durante a coleta de dados.

Os benefícios da participação podem ser variados e ir além do que se visualiza inicialmente. O participante colaborará em uma reflexão sobre como desenvolver atividades de cunho matemático com estudantes do Ensino Médio de modo a possibilitar o desenvolvimento do pensamento computacional, bem como a contribuir com a formação de conceitos. Os dados fornecidos podem desencadear reflexões e possíveis mudanças no modo de conceber e desenvolver atividades em aulas de Matemática. Além disso, terá a oportunidade de conhecer um ambiente de programação e aprender a utilizá-lo na resolução de problemas.

O pesquisador está à disposição para esclarecimentos sobre eventuais dúvidas que possam surgir durante a realização da pesquisa. Além disso, o participante tem o direito de deixar a pesquisa a qualquer momento, sem constrangimento ou penalização alguma. Para participar, também não terá nenhuma despesa, bem como nenhum tipo de remuneração. A participação é voluntária.

Se você se sente esclarecido sobre a participação do estudante, que está sob sua responsabilidade, na pesquisa, seus objetivos, eventuais riscos e benefícios, convido-o a assinar este Termo.

Rio Claro, ____ de _____ de 2021.

Assinatura do Pesquisador Responsável

Assinatura do Responsável pelo participante

Dados sobre a Pesquisa:

Título do Projeto: As inter-relações do pensamento computacional com a gênese do processo de formação das ações mentais: um olhar para a interiorização da atividade externa em interna em aulas de Matemática.

Pesquisador Responsável: Eliel Constantino da Silva

Instituição: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Instituto de Geociência e Ciências Exatas/Unesp/Rio Claro

Endereço: Av. 24A, nº 1515 – Bela Vista – 13506-900 – Rio Claro/SP. Fone: (19) 3526-9381

Dados para Contato: Fone (18) 98207-0463 / e-mail: elielconstantinosilva@gmail.com

Dados sobre o Participante da Pesquisa:

Nome completo: _____

Pseudônimo (caso desejar): _____

Nome completo do responsável: _____

Telefone para contato: _____

Local: _____

Data: _____

**APÊNDICE D - ROTEIRO PARA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA INICIAL
COM OS ESTUDANTES**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

Departamento de Educação Matemática

UNESP, Rio Claro - SP



**ROTEIRO PARA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA INICIAL DO
EXPERIMENTO DE ENSINO**

1. Qual a sua idade?
2. Qual série do Ensino Médio você está cursando em 2021?
3. Descreva o ambiente escolar (aulas, relação com os colegas, professores e gestores, atividades desenvolvidas, etc.).
4. Em sua opinião, qual é a relação da escola com a sociedade em seu entorno?
5. Em sua opinião, as ações realizadas na e pela escola influenciam nos aspectos culturais e sociais da sociedade que está em seu entorno e/ou das famílias em que os filhos estudam ali?
6. Descreva sua relação com a Matemática.
7. Quando você ouviu alguém falar ou assiste a algum vídeo ou cena sobre ambientes de programação, computador, algoritmo, robótica... quais são as suas reflexões e opiniões sobre o assunto?
8. Você, alguma vez utilizou ambiente de programação? Construiu algoritmos em ambientes virtuais? Como esses temas se fazem presentes em seu cotidiano?
9. O que te motivou a participar dessa pesquisa?
10. Descreva as características culturais do seu cotidiano.
11. Quais são os temas e/ou pessoas que você mais comenta em sua vivência com seus pares e o quanto esses temas e/ou pessoas influenciam suas ações no dia-a-dia?

12. Para você, quais são as ações que tornaria as aulas de Matemática mais compreensíveis à todos?
13. Se você tivesse que escolher temas do seu cotidiano para serem abordados nas aulas de Matemática, quais seriam esses temas e por quê?
14. Em sua opinião, qual é a relação da Matemática com o seu cotidiano?

APÊNDICE E – O QUE SIGNIFICA?**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA****“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”****INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS****PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA****UNESP, Rio Claro - SP**

1. Escreva o significado das palavras, a seguir:

a) Polígono: _____

b) Polígono regular: _____

c) Mosaico: _____

d) Hexágono: _____

e) Octógono: _____

f) Ladrilhamento: _____

g) Quadrado: _____

h) Triângulo: _____

i) Triângulo equilátero: _____

j) Pentágono: _____

k) Ângulo: _____

l) Ângulo suplementar: _____

m) Ângulo complementar: _____

n) Ângulo interno: _____

o) Ângulo externo: _____

p) Segmento: _____

q) Vértice: _____

r) Medida: _____

s) Congruente: _____

APÊNDICE F - MOBILIZANDO OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

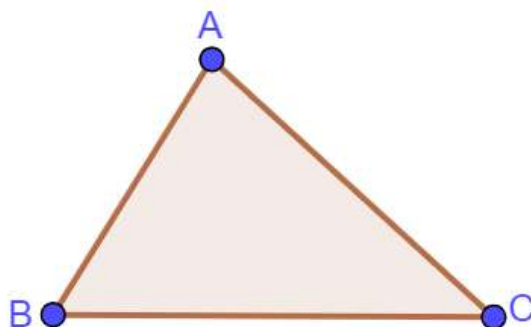
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

UNESP, Rio Claro - SP



1. Observe cada polígono, a seguir, e complete as lacunas

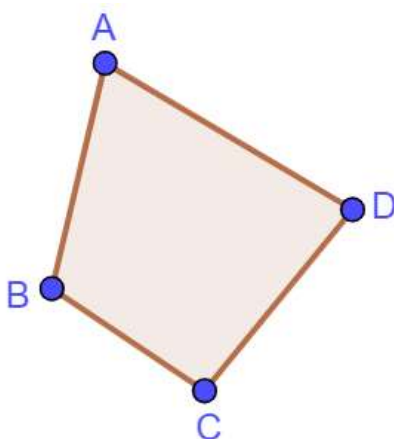
a.



O polígono ABC tem _____ lados.

Ele é chamado de _____.

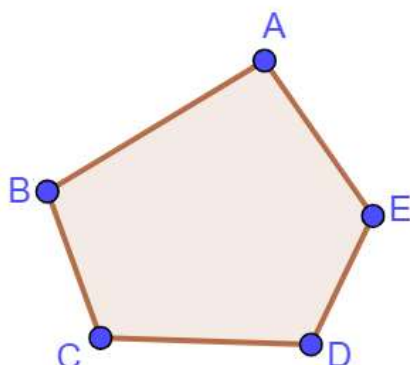
b.



O polígono ABCD tem _____ lados.

Ele é chamado de _____.

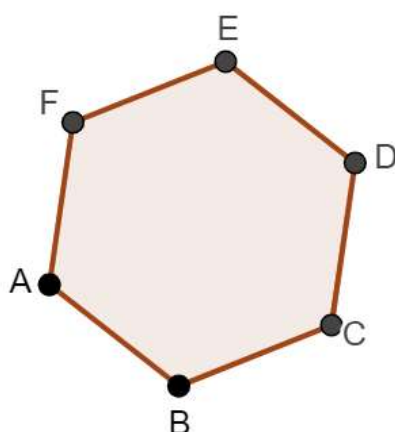
c.



O polígono ABCDE tem _____ lados.

Ele é chamado de _____.

d.



O polígono ABCDEF tem _____ lados.

Ele é chamado de _____.

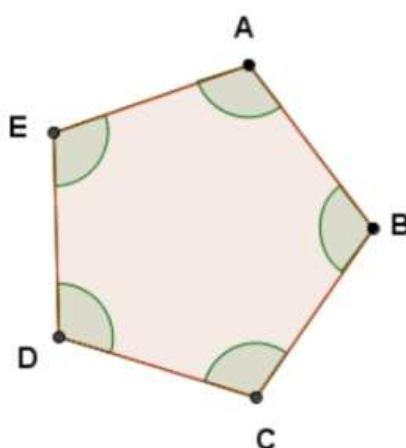
2. (SME/SP 2021) Para a prática de lutas desportivas são utilizados ringues de diferentes formatos. O de boxe, por exemplo, tem 4 lados, o da luta livre 6, e o de eventos de Max Fight 10. A imagem que segue retrata um ringue de outro formato, utilizado nas organizações conhecidas como UFC. Ele tem lados de mesma medida.



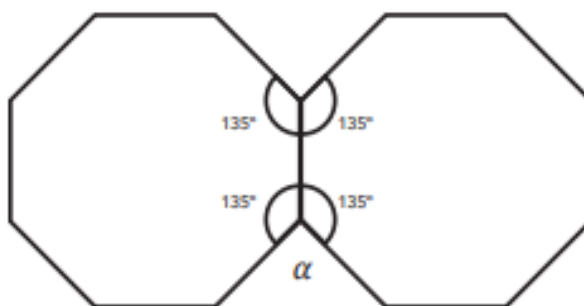
Considere que os lados do polígono regular representado medem 4m. O perímetro do polígono, em metros, é igual a

- a) 32
- b) 12
- c) 8
- d) 4

3. Sabendo que este é um pentágono regular (pentágono que possui lados congruentes e ângulos também congruentes), calcule a medida de cada um de seus ângulos internos. Explique o raciocínio que você utilizou.



4. (AAP 2016) Pretende-se revestir uma parede com dois tipos de ladrilhos no formato de polígonos regulares, obtendo-se um encaixe perfeito. Sabendo que um dos polígonos regulares é um octógono, como mostra a figura a seguir.



A medida do ângulo do polígono regular que se encaixa perfeitamente e está representado por α é:

- a) 45°
- b) 60°
- c) 90°
- d) 135°

APÊNDICE G - ATIVIDADE DE ENSINO PARA FORMAÇÃO DA BOA TIPO III E EBOCA PELOS ESTUDANTES



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

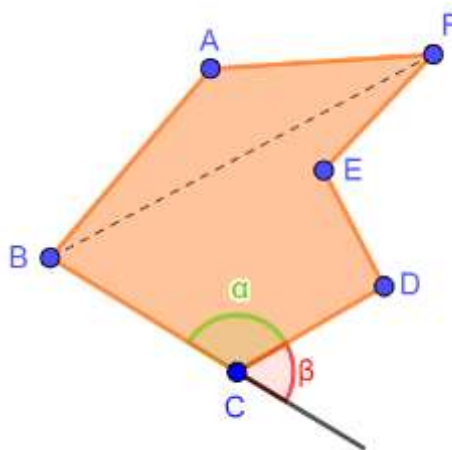
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

UNESP, Rio Claro - SP



A. ELEMENTOS DE UM POLÍGONO



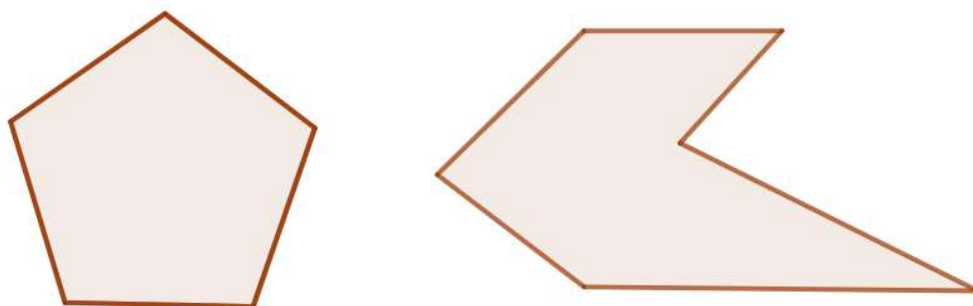
- *Vértices consecutivos*: são vértices que formam as extremidades de um lado do polígono. Exemplo: A e B, B e C, C e D, D e E, E e F, F e A.
- *Lados consecutivos*: são lados do polígono unidos por um mesmo vértice. Exemplo: os lados DE e EF são unidos pelo vértice E.
- *Perímetro*: soma dos comprimentos dos lados do polígono.
- *Área*: medida da região interna do polígono delimitada pelos seus lados.
- *Gênero (n) de um polígono*: número de lados do polígono. Exemplo: polígono com 6 lados (hexágono).
- *Diagonal*: segmento de reta que une dois vértices não consecutivos. Exemplo: BF.
- *Ângulo interno*: região interna do polígono formada por dois lados consecutivos. Pode ser representado por letras do alfabeto grego, por letras do alfabeto romano em letra maiúscula e com acento circunflexo ou com a

indicação dos três vértices vinculados aos dois lados consecutivos com acento circunflexo no vértice que os une. Exemplo: α , $\hat{C}$ ou $D^{\wedge}CB$.

- *Ângulo externo*: região externa do polígono formada por um lado e o prolongamento do lado consecutivo a ele. Pode ser representado por letras do alfabeto. Exemplo: β .

B. QUESTÕES

1. Observe as figuras, a seguir.



- a) Elas são polígonos? Por quê?

- b) O que elas têm em comum?

- c) O que as diferenciam?

2. Quais das figuras abaixo são regulares e quais são irregulares?

a)



b)



c)



d)



e)



f)



APÊNDICE H – CONSTRUÇÃO DA REPRESENTAÇÃO DE POLÍGONOS REGULARES NO SOFTWARE SCRATCH



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

UNESP, Rio Claro - SP



Para realizar as tarefas, a seguir, será preciso usar o software Scratch.

- Você pode acessá-lo por meio do link: <https://scratch.mit.edu/>
- Caso queira conhecer as ideias básicas presentes no uso desse software, você pode assistir esse vídeo:
<https://www.youtube.com/watch?v=OIDoKeEOXeo>

No software Scratch, faça o que se pede:

3. *Quadrado:*

- a. Desenhe a representação de um quadrado
- b. Comunique, verbalmente, como foi realizada a sua construção, detalhando-a passo a passo.

4. *Pentágono regular:*

- a. Desenhe a representação de um pentágono
- b. Comunique, verbalmente, como foi realizada a sua construção, detalhando-a passo a passo.

5. *Triângulo equilátero:*

- a. Desenhe a representação de um triângulo equilátero
- b. Comunique, verbalmente, como foi realizada a sua construção, detalhando-a passo a passo.

6. *Hexágono regular:*

- a. Desenhe a representação de um hexágono regular
- b. Comunique, verbalmente, como foi realizada a sua construção, detalhando-a passo a passo.

**APÊNDICE I – ATIVIDADE EXPLORATÓRIA DAS PROPRIEDADES DE
POLÍGONOS REGULARES POR MEIO DE SUAS REPRESENTAÇÕES NO
SOFTWARE GEOGEBRA**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

UNESP, Rio Claro - SP



Para realizar as tarefas, a seguir, será preciso usar o software GeoGebra.

- Você pode acessá-lo por meio do link:
https://www.geogebra.org/classic?lang=pt_PT
- Caso queira conhecer as ideias básicas presentes no uso desse software, você pode assistir esse vídeo:
<https://www.youtube.com/watch?v=xmD8nQUsqIs&t=349s>

No software GeoGebra, na versão Clássico, faça o que se pede:

7. Quadrado:

- a. Construa a representação de um quadrado
- b. Comunique, verbalmente, quais são as características de um quadrado que você pode observar após explorar as propriedades desse polígono.

8. Pentágono regular:

- a. Construa a representação de um pentágono
- b. Comunique, verbalmente, quais são as características de um pentágono regular que você pode observar após explorar as propriedades desse polígono.

9. Triângulo equilátero:

- a. Construa a representação de um triângulo equilátero
- b. Comunique, verbalmente, quais são as características de um triângulo equilátero que você pode observar após explorar as propriedades desse polígono.

10. *Hexágono regular:*

- a. Construa a representação de um hexágono regular
- b. Comunique, verbalmente, quais são as características de um hexágono regular que você pode observar após explorar as propriedades desse polígono.

APÊNDICE J – ATIVIDADE DE LADRILHAMENTO DE UMA REGIÃO NO SCRATCH



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

UNESP, Rio Claro - SP



1. A união de vários polígonos regulares, encaixados um ao lado do outro sem espaços entre suas arestas, é usada para pavimentar um plano, preenchendo-o e dando à ele uma característica única com cores e preenchimentos inusitados. O fato é que a arte de ladrilhar um plano é muito presente na arquitetura, cerâmicas e artes em geral. Utilize polígonos regulares e faça o ladrilhamento do palco do software Scratch, criando a sua arte!

**APÊNDICE K – ATIVIDADE DE REFLEXÃO SOBRE POLÍGONOS
SEMELHANTES E POLÍGONOS SIMÉTRICOS**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

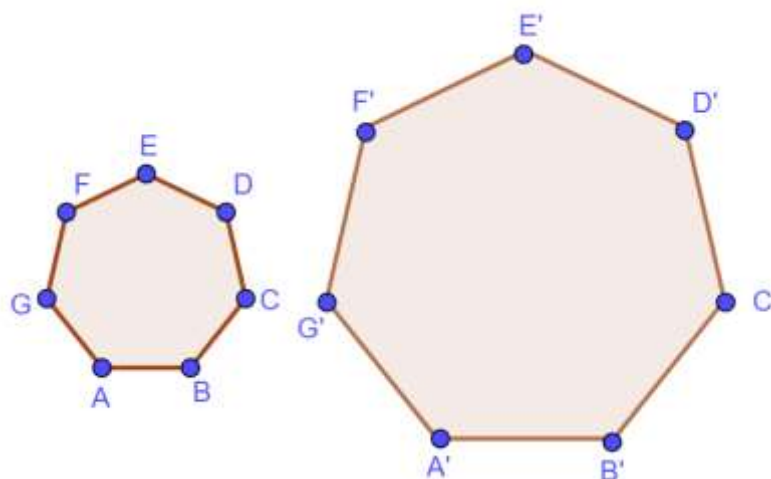
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

UNESP, Rio Claro - SP

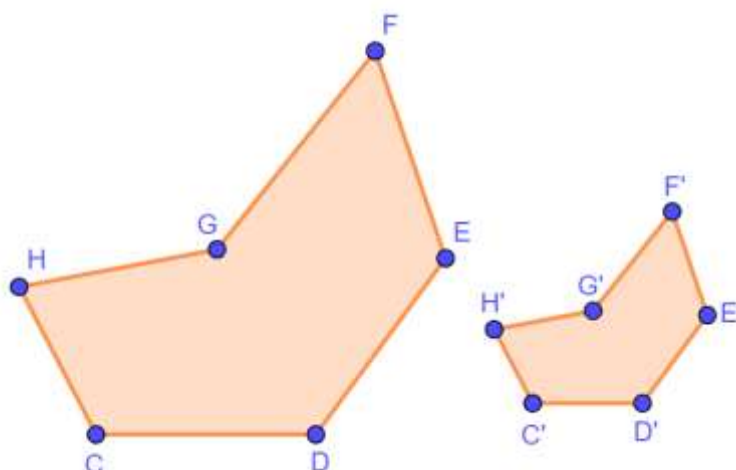


1. Observe as imagens, a seguir, e responda o que se pede:

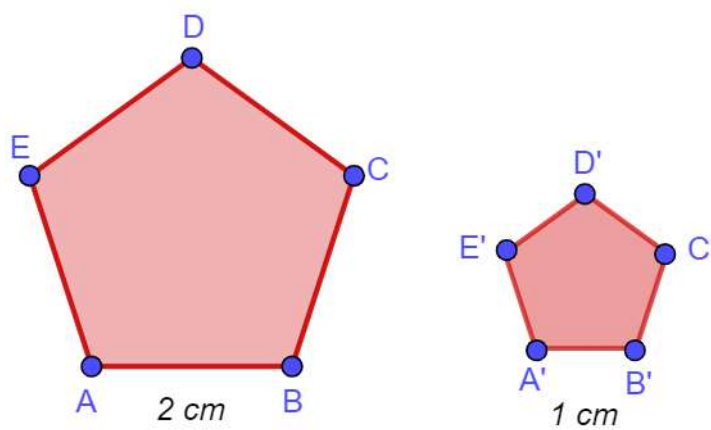
I.



II.



III.



a) Quais pares de polígonos são semelhantes? Por quê?

b) Quais pares de polígonos são simétricos? Por quê?

APÊNDICE L – IMAGENS SIMÉTRICAS



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

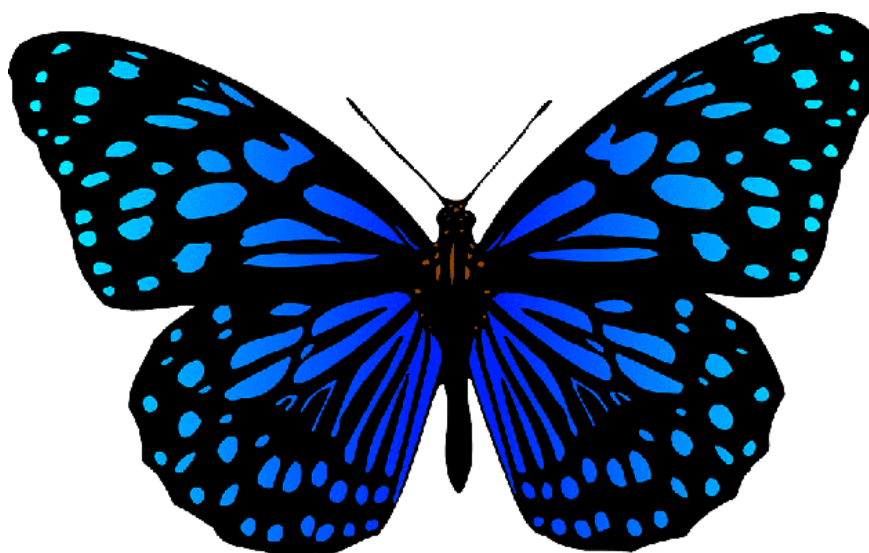
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

UNESP, Rio Claro - SP

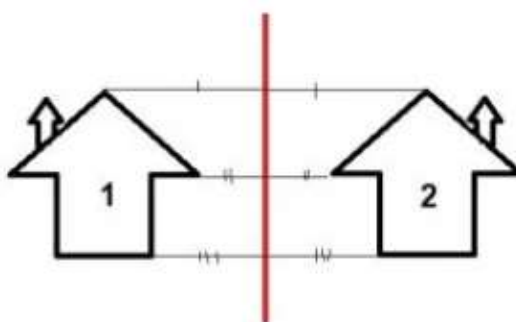


I)



Fonte: pngwing.com

II)



Fonte: cursoenemgratuito.com.br

III)



Fonte: vivadecora.com.br

ANEXO A – CARTA DE ACEITE EM COLABORAR COM PROJETO DE PESQUISA

CARTA DE ACEITE EM COLABORAR COM PROJETO DE PESQUISA

Ao Prof. Me. Eliel Constantino da Silva e Profa. Dra. Sueli Liberatti Javaroni

Responsáveis pelo projeto de pesquisa "As inter-relações do pensamento computacional com a gênese do processo de formação das ações mentais: um olhar para a interiorização da atividade externa em interna em aulas de Matemática"

Assunto: **Concordância em colaborar com o desenvolvimento do projeto de pesquisa**

Prezados Senhores,

Recebemos a carta de apresentação do Projeto de Pesquisa "As inter-relações do pensamento computacional com a gênese do processo de formação das ações mentais: um olhar para a interiorização da atividade externa em interna em aulas de Matemática", desenvolvido pelo doutorando Eliel Constantino da Silva sob a orientação da Profa. Dra. Sueli Liberatti Javaroni.

Nela consta o objetivo da pesquisa bem como a descrição do desenvolvimento das atividades e a solicitação de autorização para que a pesquisa seja realizada com nove estudantes da Escola Estadual Adélio Ferraz de Castro

Diante do que nos foi apresentado, emitimos essa carta para comunicar nosso aceite em participar da pesquisa mencionada permitindo que nove estudantes do Ensino Médio, regularmente matriculados nessa instituição, participem das atividades que serão desenvolvidas. Permitimos que os dados produzidos com os estudantes dessa instituição sejam divulgados em artigos e demais publicações científicas desde que sejam mantidas as orientações do comitê de ética que aprovará a realização da pesquisa. E ainda, nossa concordância se manterá única e exclusivamente com o parecer positivo do comitê de ética para a realização da pesquisa.

Atenciosamente,


Lucimar F. dos Santos de Amorim
Diretor de Escola
RG: 38.209.385-9

.....
Lucimar Ferreira dos Santos Amorim
Diretora da Escola Estadual Adélio Ferraz de Castro

ANEXO B – PARECER DE APROVAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA NO COMITÊ DE ÉTICA

UNESP - FACULDADE DE
CIÊNCIAS CAMPUS BAURU -
JÚLIO DE MESQUITA FILHO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: As inter-relações do pensamento computacional com a gênese do processo de formação das ações mentais: um olhar para a interiorização da atividade externa em interna em aulas de Matemática

Pesquisador: ELIEL CONSTANTINO DA SILVA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 50884021.6.0000.5398

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

Patrocinador Principal: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.101.360

Apresentação do Projeto:

Conforme consta no documento PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO, trata-se de um pesquisa de doutorado, cujo objetivo é "investigar as inter-relações do pensamento computacional com a gênese do processo de formação das ações mentais por etapas de modo a contribuir com a formação de conceitos matemáticos de estudantes do Ensino Médio, quando estes utilizam robótica e ambientes de programação nas atividades desenvolvidas". A abordagem metodológica é da pesquisa qualitativa e o "aporte teórico é a Teoria da Formação das Ações Mentais por Etapas de Galperin e Talizina", "e será desenvolvida com base no método materialista histórico-dialético desenvolvido por Vigotsky".

Objetivo da Pesquisa:

Conforme consta no documento PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO, o objetivo da pesquisa é "Investigar as relações do pensamento computacional com a gênese do processo de formação das ações mentais por etapas, de modo a contribuir com a formação de conceitos matemáticos de estudantes do Ensino Médio."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Conforme consta no documento PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO, "existem riscos mínimos ao participante, como a possibilidade de ele sentir-se constrangido em ter divulgado alguma opinião/relato sobre aspectos culturais e sociais do seu ambiente de vivência ou alguma fala na

Endereço: Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01
Bairro: CENTRO **CEP:** 17.033-360
UF: SP **Município:** BAURU
Telefone: (14)3103-9400 **Fax:** (14)3103-9400 **E-mail:** cepesquisa.fc@unesp.br

**UNESP - FACULDADE DE
CIÊNCIAS CAMPUS BAURU -
JÚLIO DE MESQUITA FILHO**



Continuação do Parecer: 5.101.360

realização das atividades. /.../o participante poderá, a qualquer momento, pedir para que seja retirada/corrigida toda manifestação que ele tiver durante a coleta de dados. Além disso, está garantido ao participante, caso queira, o seu anonimato na divulgação dos resultados". Quanto aos benefícios "podem ser variados e ir além do que visualiza-se inicialmente. O estudante estará colaborando em uma reflexão sobre como desenvolver atividades de cunho matemático com estudantes do Ensino Médio de modo a possibilitar o

desenvolvimento do pensamento computacional, bem como a contribuir com a formação de conceitos. Os dados fornecidos por eles podem desencadear reflexões e possíveis mudanças no modo de conceber e desenvolver atividades em aulas de Matemática. Além disso, eles terão a oportunidade de conhecer um ambiente de programação e aprender a utilizá-lo na resolução de problemas".

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma pesquisa de doutorado, sem gastos declarados, a qual envolverá 9 alunos do Ensino Médio de uma escola estadual do município de Rio Claro/SP. Estes alunos participarão, em trios, de um cenário de investigação com experimentos de ensino, por meio da plataforma Google Meet, com gravação por meio do recurso disponibilizado pela plataforma, com observação do pesquisador nos experimentos de ensino, registros de campo, análise das produções dos estudantes e entrevista semiestruturada com os envolvidos antes e após a realização das atividades. Cada experimento de ensino terá cinco momentos, que envolvem três momentos para realização de atividades, sendo uma entrevista antes e uma depois da realização das atividades.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresentados TCLE e TALE adequados.

Recomendações:

Adequar o cronograma da pesquisa, prevendo início das atividades com os alunos após aprovação pelo Comitê de Ética e enviar este cronograma atualizado para o email do comitê de ética, sem necessidade de ressubmissão pela Plataforma Brasil.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01
Bairro: CENTRO **CEP:** 17.033-360
UF: SP **Município:** BAURU
Telefone: (14)3103-9400 **Fax:** (14)3103-9400 **E-mail:** cepesquisa.fc@unesp.br

**UNESP - FACULDADE DE
CIÊNCIAS CAMPUS BAURU -
JÚLIO DE MESQUITA FILHO**



Continuação do Parecer: 5.101.360

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1784703.pdf	26/09/2021 23:01:08		Aceito
Outros	Carta_justificativa_Eliel.pdf	26/09/2021 22:59:29	ELIEL CONSTANTINO DA SILVA	Aceito
Declaração de concordância	Carta_de_aceite_Eliel.pdf	26/09/2021 22:51:31	ELIEL CONSTANTINO DA SILVA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Eliel.pdf	26/09/2021 22:41:42	ELIEL CONSTANTINO DA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE_Eliel.pdf	26/09/2021 22:36:02	ELIEL CONSTANTINO DA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Eliel.pdf	26/09/2021 22:35:46	ELIEL CONSTANTINO DA SILVA	Aceito
Outros	Eliel_Constantino_da_Silva_Curriculo_Lattes.pdf	06/08/2021 09:44:32	ELIEL CONSTANTINO DA SILVA	Aceito
Outros	Declaracao_projeto_Eliel.pdf	06/08/2021 09:42:56	ELIEL CONSTANTINO DA SILVA	Aceito
Outros	Roteiro_entrevista.pdf	06/08/2021 09:41:13	ELIEL CONSTANTINO DA SILVA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	06/08/2021 09:38:42	ELIEL CONSTANTINO DA SILVA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01

Bairro: CENTRO

CEP: 17.033-360

UF: SP

Município: BAURU

Telefone: (14)3103-9400

Fax: (14)3103-9400

E-mail: copesquisa.fc@unesp.br

UNESP - FACULDADE DE
CIÊNCIAS CAMPUS BAURU -
JÚLIO DE MESQUITA FILHO



Continuação do Parecer: 5.101.360

BAURU, 11 de Novembro de 2021

Assinado por:
Mário Lázaro Camargo
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01
Bairro: CENTRO **CEP:** 17.033-360
UF: SP **Município:** BAURU
Telefone: (14)3103-9400 **Fax:** (14)3103-9400 **E-mail:** cepsquisa.fc@unesp.br