UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José do Rio Preto

LUCIANO CÁSSIO LUGLI

Prototipagem de soluções tecnológicas, alfabetização matemática na educação infantil e deficiência sensorial

Parametrização de características assistivas

São José do Rio Preto
2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José do Rio Preto

LUCIANO CÁSSIO LUGLI

Prototipagem de soluções tecnológicas, alfabetização matemática na educação infantil e deficiência sensorial

Parametrização de características assistivas

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino e Processos Formativos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Profa. Dra. Deise Aparecida Peralta

São José do Rio Preto / SP
2018

Lugli, Luciano Cássio.
Prototipagem de soluções tecnológicas, alfabetização matemática na educação infantil e deficiência sensorial: parametrização de características assistivas / Luciano Cássio Lugli. -- São José do Rio Preto, 2018
130f. : il.

Orientador: Deise Aparecida Peralta
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

1. Alfabetização matemática. 2. Educação de crianças. 3. Educação especial. I. Título.

CDU – 372.2

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE
UNESP - Campus de São José do Rio Preto

LUCIANO CÁSSIO LUGLI

Prototipagem de soluções tecnológicas, alfabetização matemática na educação infantil e deficiência sensorial

Parametrização de características assistivas

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino e Processos Formativos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Profª. Drª. Deise Aparecida Peralta

Comissão Examinadora

Profª. Drª. Deise Aparecida Peralta
UNESP – Campus de Ilha Solteira
Orientadora

Prof. Dr. Raul Aragão Martins
UNESP – Campus de São José do Rio Preto

Profª. Drª. Fabiana Maris Versuti-Stoque
USP – Departamento de Psicologia / FFCLRP – Campus de Ribeirão Preto

São José do Rio Preto
20 de dezembro de 2018

Agradecimentos

Agradeço inicialmente a minha família, que tem me apoiado incondicional e ininterruptamente. Aos meus pais, minha esposa Ieda Alves, e familiares que sempre me motivaram e me auxiliaram nas várias etapas premissas de mais uma pesquisa acadêmica.

Ao meu descendente recém apresentado ao período sensório-motor, Bernardo H. Lugli (*i.e.* #bebeBennie), que iniciou suas pequenas descobertas, desenvolvimentos e aprendizados, acompanhado de genitores professores, num ambiente que integra biblioteca pessoal variada, laboratório de insanidades robóticas e dependências motivacionais ao aprendizado *sith* em *Star Wars*, sendo assim, um promissor pesquisador multitarefas *Darth-based*.

À professora Deise A. Peralta, pela orientação, acompanhamento fundamental ao longo do período de pesquisa deste mestrado acadêmico, que trouxe até mim informações, motivações e aprendizados imensuráveis à minha formação, me apresentou a Teoria Crítica e a sólida teoria do *agir comunicativo* de Jürgen Habermas, a qual se caracterizou na base discursiva, interpretativa e argumentativa em "*como*" relacionar assuntos e temas educacionais complexos distintos num contexto social-pedagógico estruturado, integrando o construtivismo na alfabetização matemática infantil e a crítica na comunicação social, abrangendo características de soluções tecnológicas implementáveis na efetiva inclusão escolar de crianças com deficiências sensoriais distintas.

Ao GEPAC, pela transferência determinante de conhecimentos e práticas educativas nas várias reuniões na FEIS/UNESP, pelo coleguismo e companheirismo em discussões fundamentais desta pesquisa.

Ao professor Raul A. Martins, fundamental nas pesquisas sobre construtivismo, epistemologia genética, teorias da gênese do conhecimento na criança e tantas outras literaturas postuladas por Jean Piaget, relevantes nas temáticas educacionais infantis para esta pesquisa (em adendo ao inestimável auxílio pessoal que, por ser acadêmica desta área, recebi de minha esposa).

Aos demais professores do programa de pós Interunidades, funcionários da FEIS e IBILCE/UNESP, colegas de disciplinas, de linhas de pesquisas, conferências e de saberes em comum, à tão pretendida temática da efetiva *inclusão escolar*.

“O direito à escola do cego e qualquer pessoa com deficiência sensorial é indubitável.”

Valentin Haüy

RESUMO

No ambiente escolar, em referência à normas e legislações que regulamentam as necessidades educativas especiais, crianças com deficiências sensoriais são submetidas ao uso de tecnologias atuais, que não atendem ou não aprimoram requisitos-base de comunicação tanto pela interação, quanto pela implementação. Assim, a corrente pesquisa objetiva a parametrização e validação de características assistivas em dispositivos tecnológicos que viabilizem interações comunicativas na alfabetização matemática entre crianças com deficiências sensoriais distintas (auditiva e visual) na educação infantil, entre 3 e 5 anos. A metodologia baseia-se nas abordagens relacionadas ao construtivismo de Piaget no período pré-operatório e na teoria do agir comunicativo de Habermas, sendo dividida em três temáticas: a educação infantil e o ensino da matemática sob uma base construtivista; a educação inclusiva por meio de tecnologias assistivas (TA) pedagógicas; a perspectiva social e crítica da comunicação à efetiva inclusão. Ainda, é proposto, parametrizado e validado um protótipo referencial generalista em software que simula a comunicação direta entre crianças com deficiência auditiva (DA) e crianças com deficiência visual (DV), implementado em sistemas computacionais no processamento de imagens e reconhecimento de padrões de sinais gestuais-visuais na Língua Brasileira de Sinais e sistemas embarcados que traduzem tais sinais na linguagem tátil. Sob a perspectiva construtivista-crítica, defendeu-se nesta pesquisa que desenvolvimento de recursos em tecnologia assistiva viabilizam interações sociais em vários ambientes de ensino e aprendizagem de crianças com deficiências sensoriais distintas (e línguas/linguagens distintas), desde a educação infantil, tendo a margem estimativa de, efetivamente, serem incluídas em sociedade, iniciando pela inserção, interação e integração mútuas em respeito a diversidade e heterogeneidade iniciadas e desenvolvidas em contextos escolares e extraescolares.

Palavras–chave: Teoria Crítica, alfabetização matemática, deficiência sensorial, educação infantil, tecnologia assistiva.

ABSTRACT

In school environment, in reference to norms and legislation which regulate special educational needs, children with sensory disabilities are subject to the use of current technologies that do not attend or improve basic communication requirements for both interaction and implementation. Thus, this current research aims at the parameterization and validation of assistive characteristics in technological devices which enable communication interactions in mathematical literacy among children with different sensory impairments (hearing and visual) in childhood education, between 3 and 5 years. The methodology is based on the approaches related to the constructivism of Piaget in the preoperative period and in the theory of communicative action of Habermas, being divided in three themes: the infantile education and the teaching of the mathematics on a constructivist basis; inclusive education through pedagogical assistive technologies (TA); the social and critical perspective of communication to effective inclusion. Also, it is proposed, parameterized and validated a generalist reference prototype in software that simulates direct communication between children with hearing impairment (HI) and children with visual impairment (VI), implemented in computer systems through image processing and visual-gesture signal pattern recognition in the Brazilian Sign Language and embedded systems that translate these signals in the tactile language. From a constructivist-critical perspective, it was defended in this research that the development of resources in assistive technology enables social interactions in various teaching and learning environments of children with different sensory disabilities (and different languages), since childhood education, an estimated margin of effective inclusion in society, initiating by insertion, interaction and mutual integration in respect to the diversity and heterogeneity initiated and developed in school and out-of-school contexts.

Keywords: Critical theory, mathematical literacy, sensory impairment, early childhood education, assistive technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Matrículas nas etapas ‘berçário’ e ‘maternal’ por dependência administrativa da escola de educação infantil (MEC/INEP, 2016). 40
Figura 2.2: Matrículas de crianças público alvo da educação especial em escolas públicas da educação básica (MEC/INEP, 2015)..... 41
Figura 2.3: Escolas com matrículas de crianças com deficiência nas redes pública/privada (MEC/INEP, 2015). 42
Figura 2.4: Matrículas de crianças com deficiência em escolas comuns e escolas especiais (MEC/INEP, 2015). 43
Figura 2.5: Matrículas de crianças com deficiência em escolas comuns da rede pública e privada (MEC/INEP, 2015). 43
Figura 3.1: Matrículas de crianças com deficiência na educação básica (MEC/INEP, 2015). 48
Figura 3.2: Matrículas de crianças público alvo da educação especial (MEC/INEP, 2015). 54
Figura 3.3: Matrículas de crianças público alvo da educação especial em escolas públicas da educação básica (MEC/INEP, 2015)..... 55
Figura 3.4: Municípios com matrículas de crianças público alvo da educação especial em classes comuns do ensino regular (MEC/INEP, 2015). 55
Figura 3.5: Número de professores com formação na educação especial (MEC/INEP, 2015)..... 60
Figura 3.6: Matrículas de crianças DA na educação básica (MEC/INEP, 2015). 61
Figura 3.7: Matrículas de crianças DV na educação básica (MEC/INEP, 2015). 61
Figura 3.8: Matrículas de crianças DA/DV conjunta na educação básica (MEC/INEP, 2015). 62
Figura 3.9: Alfabeto LIBRAS (Adaptado de KOLIMA; SEGALA, 2013). 64
Figura 3.10: Alfabeto *Braille*. 67
Figura 5.1: Diagrama funcional da metodologia proposta. 89
Figura 5.2: Modelo de neurônio artificial McCulloch e Pitts. (Adaptado de LUGLI, 2016)..... 101
Figura 5.3: Diagrama funcional do protótipo proposto. 105
Figura 5.4: Letras A, B, C, D, E dos 2 conjuntos da base de dados, representando a aquisição em RGB. 106
Figura 5.5: Letras A, B, C, D, E do conjunto 1 em níveis de cinza para RGB e HSV..... 107
Figura 5.6: Letras A, B, C, D, E do conjunto 2 em níveis de cinza para RGB e HSV..... 107
Figura 5.7: Resultados da segmentação por *canny* e *sobel* no conjunto de imagens 01 da base de dados. 108
Figura 5.8: Resultados da segmentação por *canny* e *sobel* no conjunto de imagens 02 da base de dados. 108
Figura 5.9: Relação de *keypoints* e interpolação de segmentos nos 2 conjuntos de imagens. 109

Figura 5.10: Topologia da RNA com 3 vetores de saída. 110
Figura 5.11: GUI do software dedicado a criança com deficiência auditiva..... 111
Figura 5.12: GUI do software dedicado a criança com deficiência visual. 112

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Saberes necessários ao ensino da matemática. (Adaptado de LORENZATO, 2011). 35
Tabela 4.1: Diferenças entre *agir comunicativo* e *agir instrumental* (Adaptado de GALUPPO, 2003). 79
Tabela 4.2: Tipologia das ações escolares (Adaptado de LONGHI, 2005). 85
Tabela 5.1: Dados estatísticos municipais de 2009 – 2015. 94

LISTA DE ABREVIAÇÕES E SIGLAS

ABC	Aprendizagem Baseada em Casos
ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
ACR	Aprendizagem Colaborativa em Rede
AEE	Atendimento Educacional Especializado
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAT	Ciclo de Aprendizagem Tecnológica
CTCP	Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e de Conteúdo
DA	Deficiência Auditiva
DV	Deficiência Visual
LDBEN	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LIBRAS	Língua Brasileira de Sinais
NAEE	Núcleo de Atendimento Educacional Especializado
NEE	Necessidades Educativas Especiais
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNE	Plano Nacional de Educação
PPP	Projeto Político Pedagógico
RCNEI	Referenciais Curriculares Nacionais da Educação Infantil
SRM	Sala de Recursos Multifuncionais
TA	Tecnologia Assistiva
TDIC	Tecnologia Digital de Informação e Comunicação
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1 Introdução 16

1.1. Considerações iniciais 17

1.2. Problema de pesquisa e justificativa 18

1.3. Objetivos 22

2 Educação infantil e o ensino da matemática 23

2.1. Desenvolvimento e aprendizagem nas séries iniciais segundo Piaget 23

2.2. Construção social do conhecimento na leitura e escrita 26

2.3. Construtivismo e alfabetização matemática 27

2.3.1. A interação social e a autonomia no aprendizado da matemática 30

2.3.2. Educação infantil e percepção matemática 30

2.3.3. Ensino-aprendizagem da matemática na educação infantil 34

2.3.4. Análise da avaliação formativa do eixo matemático na educação infantil 37

2.4. LDB, PNE e os Referenciais Curriculares Nacionais para a Educação Infantil 38

2.4.1. Base nacional comum curricular e avaliação 44

3 Educação Especial e o contexto social 46

3.1. A escolar regular comum na perspectiva escolar inclusiva 47

3.2. Diretrizes e Legislações: LDB, PNE e BNCC 49

3.2.1. Legislação internacional 49

3.2.2. Legislação nacional 51

3.3. Necessidades Educativas Especiais (NEE), AEE e o contexto inclusivo escolar 57

3.4. Deficiências sensoriais (auditiva e visual) no contexto educacional 60

3.4.1. Deficiência auditiva (DA) 62

3.4.2. Deficiência visual (DV) 65

3.5. Deficiência auditiva e implicações para o ensino e aprendizagem de crianças na etapa pré-operatória da educação infantil 68

3.6. Deficiência visual e implicações para o ensino e aprendizagem de crianças na etapa pré-operatória da educação infantil 70

3.7. Tecnologias assistivas e interação comunicativa 72

3.7.1. Tecnologias da informação e comunicação e implicações educacionais inclusivas 72
3.7.2. Processos formativos de ensino-aprendizagem ao docente por TDIC 73
3.7.3. Tecnologias assistivas (TA) 74
4 Teoria social de Jürgen Habermas 77
4.1. Fundamentos da Teoria Crítica 77
4.2. A teoria do *Agir Comunicativo* 79
4.3. A ação educativa na perspectiva do *agir comunicativo* 82
4.4. Técnica e ciência como ideologia 86
5 Metodologia construtivista-crítica de soluções pedagógicas em TA 88
5.1. Características de crianças DA e de crianças DV 89
5.1.1. Núcleo de atendimento educacional especializado (NAEE) 93
5.2. Referências técnicas na prototipagem, desenvolvimento e projeto de dispositivos mecatrônicos/computacionais, e a interação comunicativa entre crianças DA e DV 96
5.2.1. Processamento de imagens 97
5.2.2. Reconhecimento de padrões 99
5.2.3. Materiais propostos para a implementação de sistemas mecatrônicos embarcados 102
5.3. Implementação das características estudadas no desenvolvimento de um protótipo referencial em tecnologia assistiva 103
5.3.1. Aquisição das imagens e bases de dados 105
5.3.2. Etapa de segmentação de imagens 107
5.3.3. Reconhecimento de padrões e classificadores cognitivos e estatísticos 108
5.3.4. GUI experimental – interface gráfica do utilizador 110
5.4. Análise construtivista-crítica avaliativa de resultados estimados 113
5.5. Inserção, interação, integração e inclusão 116
Conclusões 118
Referências bibliográficas 119

ESTRUTURA E CONTEÚDO

A dissertação de mestrado acadêmico corrente se refere a informações organizadas em cinco capítulos sobre a pesquisa desenvolvida e a ser defendida para a obtenção de título de mestre em Ensino e Processos Formativos.

Incialmente, tem-se a temática introdutória defendida no capítulo 01, seguida dos referenciais teóricos educacionais e pedagógico-sociais nos capítulos 02 (educação infantil e ensino da matemática), 03 (educação especial e o contexto social) e 04 (teoria social de Jürgen Habermas), a metodologia proposta e desenvolvimento no capítulo 05, conclusões e contribuições, e finalizando com as referências bibliográficas.

Capitulo 1 - Introdução: são apresentadas as informações iniciais, aspectos introdutórios e objetivos da pesquisa.

Capitulo 2 – Educação infantil e o ensino da matemática: são apresentados os fundamentos sobre o desenvolvimento e aprendizagem nos anos iniciais de escolarização, segundo Piaget – o modelo construtivista e sua relação com a alfabetização matemática.

Capitulo 3 – Educação especial e o contexto social: são apresentados os conceitos sobre deficiências sensoriais (auditiva e visual), e como se apresentam as políticas públicas de educação na área de educação especial, informações sobre a aprendizagem de crianças com deficiências sensoriais na etapa pré-operatória, necessidades educativas especiais e como as tecnologias assistivas no auxílio à educação são definidas e aplicadas atualmente.

Capitulo 4 – Teoria social de Jürgen Habermas: neste capítulo são definidos os pressupostos defendidos por Habermas, enquanto expoente do segundo movimento/geração da/na Teoria Crítica, e suas inferências sobre *agir comunicativo* e a técnica e ciência como ideologias.

Capitulo 5 – Metodologia proposta: neste capítulo são apresentados os materiais e métodos propostos para um modelo de comunicação na educação infantil e a discussão referente ao desenvolvimento de um protótipo conceitual como tecnologia assistiva.

1 Introdução

> *"O Estado reconhece o direito das pessoas com deficiência à educação, assegurando sistemas educacionais inclusivos a tais"*.
> Convenção dos Direitos das Pessoas com Deficiência

A legislação informada na convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, em referência à Declaração dos Direitos Humanos (BRASIL, 2009), como citada no início deste capítulo, afirma que o direito das pessoas com deficiência aos sistemas educacionais deve ser fomentado e praticado de forma incólume, respaldada e reconhecida pelo Estado. No entanto, a não *práxis* incisiva e discriminada de acesso previsto em legislação, tanto por parte de responsabilidade pública como pela própria complexidade, em termos práticos de relacionamento interpessoal, nos permitem admitir que pessoas com deficiência cognitiva e sensorial apresentem dificuldades para aprender em ambiente escolar, comprometendo seu rendimento educacional individual e integração social nas atividades coletivas.

Neste contexto, a corrente pesquisa apresenta uma metodologia que objetiva o desenvolvimento de especificação e validação de características assistivas dispositivos de tecnologia da informação e comunicação que viabilizem interações comunicativas em contexto de alfabetização matemática entre crianças da educação infantil com deficiências sensoriais. Trata-se de pensar em meios para uma prática de educação matemática que, fundamentada num conceito de aprendizagem amparado em pressupostos da teoria de Jean Piaget (1969), corrobore com a perspectiva crítica do *agir comunicativo* de Jürgen Habermas (1968) como via alternativa à razão instrumental como racionalidade predominante nos processos educacionais.

A pretensão é, em última instância, propor soluções tecnológicas assistivas, discutindo validação e viabilidade virtual de implemento, que permitam a comunicação direta entre crianças com deficiência visual (DV) e deficiência auditiva (DA). Tais soluções, inicialmente, estimam que a comunicação direta entre pessoas é decisiva na alfabetização e acompanhamento pedagógico para inclusão de crianças com deficiências na educação infantil.

Como referencial teórico, destacam-se as abordagens relacionadas ao construtivismo piagetiano e ao modelo habermasiano de racionalidade para comunicação.

Ousa-se nesse trabalho vislumbrar uma possibilidade pedagógica fundamentada na epistemologia de Jean Piaget, principalmente no pressuposto do sujeito cognoscente

(relacionado às estruturas[1] mentais comuns a todos as pessoas, que conferem o aprendizado, fazendo relações entre diferentes informações (classificação, comparação, dedução, ...)), e numa abordagem social-crítica de inclusão entendida a partir da Teoria do *Agir Comunicativo* de Jürgen Habermas (1968). As relações que constituem os indivíduos e as exteriorizações realizadas por eles sobre a sociedade deveriam, desde a mais tenra idade, ser envolvida e viabilizada por meio de racionalidade comunicativa, e não somente via razão instrumental.

O Projeto de Modernidade, defendido pela escola de *Frankfurt* – berço da Teoria do Agir Comunicativo, pretende, em sua concepção, diagnosticar patologias no âmbito educacional e buscar soluções para as mesmas (reconstruir os processos de formação, discutir os princípios de organização e as crises societárias relacionais entre crianças com deficiência e sem deficiência).

Nestes termos, esta pesquisa é dividida em três temáticas que subsidiam a metodologia proposta: a educação infantil e o ensino da matemática sob uma base construtivista; a educação inclusiva por meio de tecnologias assistivas; a perspectiva social e crítica da comunicação como meio para inclusão.

1.1. Considerações iniciais

De acordo com a experiência que acumulamos durante a trajetória profissional, as tecnologias digitais atuais não proporcionam às pessoas com deficiência visual e deficiência auditiva uma forma de comunicação direta, tampouco o fomento à alfabetização e ao acompanhamento pedagógico na inclusão destas. Assim, considerando a necessidade de tal processo, é aceitável a proposição de desenvolvimento de aparato tecnológico que diminuam as limitações de iterações entre pessoas que ocorrem em decorrência de deficiências sensoriais.

Como subsídio ao processo de alfabetização matemática de crianças com deficiência sensorial, a adequação de tecnologias assistivas ao contexto da educação infantil deve ser considerada um meio para o professor ajustar suas práticas em função da necessidade de aprendizagem. As tecnologias assistivas nesse cenário, ainda podem ser entendidas como recurso de planejamento de processos avaliativos. Como na educação infantil, o desenvolvimento integral da criança é objetivo fundamental de formação, o professor deve

[1] Tais estruturas se desenvolvem em todo período vital por meio da ação dos indivíduos sobre o meio, num processo de interação com o objeto de conhecimento e com as outras pessoas, o que implica na construção de níveis de saber cada vez mais complexos.

intermediar, orientar e garantir aspectos para condições de ensino que privilegiem as singularidade e individualidades, ao passo que promove a inclusão na coletividade. E nesse sentido, a interação social, por meio da comunicação, exerce papel.

A criança na educação infantil precisa ter condições sociais e materiais que garantam o desenvolvimento cognitivo, sensorial e emocional, bem como situações que proporcionem interação e compreensão de sua influência no ambiente, por meio de relações sociais e formas de comunicação (HAYDT, 2005). Dessa forma, a relação ensino-aprendizagem é processual, contínua e integrativa, provendo experimentações, erros, correções e descobertas inerentes ao desenvolvimento da criança. A orientação pedagógica do professor para com a interação entre crianças com e sem deficiência, então, objetiva a aprendizagem para além do ideário determinístico do rendimento individual da criança. (HOFFMANN, 2000; KRAMER, 2003).

Neste aspecto, como auxílio à formação a ao desenvolvimento de crianças com DA e DV, cabe ao professor uma supervisão ampliada quanto ao contexto da aprendizagem e atividades realizadas, associando os modos de aplicação de tarefas e procedimentos pedagógicos, como a utilização do ambiente, os espaços de trabalho, os tempos de operação, materiais propostos, elaborados e usados, métodos propostos, fundamentados e discutidos, como metodologia avaliativa, para validar a aprendizagem durante as aulas e em cada atividade (LUCKESI, 2005; HOFFMANN, 2005). E nesse cenário, a interação comunicativa entre as crianças se faz essencial, requerendo, sempre que necessário, que a comunicação seja auxiliada.

No que se refere a alfabetização matemática, considerando os conteúdos do eixo de. matemática descritos nos Referenciais Curriculares Nacionais para a Educação Infantil (RCNEI), das crianças com DA e DV, a comunicação auxiliada pode ser decisiva nos momentos de avaliação acerca dos conceitos aprendidos no contexto escolar e extraescolar, na interpretação de ações lógicas, na expressão e atribuição de identidades aritméticas, nas relações a serem expressas entre funções, relações e alterações de objetos utilizados durante as aulas de matemática. Ou seja, na Educação Infantil comunicação é meio e finalidade nos processos formativos. E é primordial que haja recursos para auxiliar na comunicação entre aqueles, cujo o desenvolvimento dessa, esbarra características relacionadas ao que chamamos por deficiência.

1.2. Problema de pesquisa e justificativa

Dados do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, entre 2000 e 2010, mostram a defasagem tecnológica que ainda separa o Brasil dos países desenvolvidos quando se trata de

tecnologia assistiva (TA) de natureza digital ou informatizada para pessoas com deficiências (FINEP, 2017). Aceitando ainda que novas tecnologias e sua disseminação contribuem, significativamente, para a inclusão social e para a redução das desigualdades de oportunidade e de inserção ocupacional; os recursos de TA são então, por excelência, essenciais para a inclusão de pessoas com deficiência e para a equidade de oportunidades. Portanto, a popularização da aplicação e a democratização do acesso às tecnologias digitais de comunicação são relevantes para reduzir a assimetria no acesso a processos educacionais e oportunidades de formação dos diversos segmentos da população desde as mais tenras idades.

A inclusão digital, também para pessoas com deficiência e/ou com dificuldades de aprendizagem, pode promover um grande avanço educacional no Brasil, exigindo a produção de novos produtos e processos, além de apoio aos professores. Tais aspectos podem contribuir para fortalecer o setor nacional de TICs (tecnologias da informação e comunicação), e sua cadeia produtiva, oportunizando competitividade e participação nos mercados nacional e internacional.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), aproximadamente 10% de qualquer população apresenta algum tipo de deficiência. No Brasil, de acordo com dados do Censo Demográfico Brasileiro, 23,9% da população total (~45.000.000) têm algum tipo de deficiência (motora, sensorial ou intelectual). (IBGE, 2013).

Uma pesquisa realizada em 2010, pela Secretaria de Pesquisa e Opinião Pública do Senado Federal (BRASIL, 2010) com pessoas com deficiência, e no caso de deficiência intelectual (cognitiva), o respondente era o cuidador, apontou que 57% dos entrevistados disseram que a qualidade de vida da pessoa com deficiência melhorou nos últimos anos, contudo 76% dos entrevistados consideram que seus direitos ainda não são respeitados no país. Em relação ao acesso e permanência em instituições de ensino, 51% dos entrevistados disseram que a própria pessoa deveria escolher a escola onde se pretende estudar. Dos entrevistados, 69% ressaltaram que, se pudessem escolher, escolheriam salas de aula comum em “escola regular”. Dentre os entrevistados, 38% criticaram a falta de capacitação dos professores, bem como 38% criticaram a falta de instalações físicas adaptadas (sendo 40% entre as pessoas com deficiência física) e 21% das pessoas se queixaram da falta de material de ensino adequado.

Os dados demonstram a urgência de se viabilizar ações que visem à inclusão social, ressaltando-se aqui aquelas de cunho educacional e formativo, de pessoas com deficiências e dificuldades de aprendizagem. Para tanto, novos e adequados produtos e processos precisam ser desenvolvidos para atender a esta parcela significativa da população brasileira.

Salienta-se ainda que, desde 2009, o Brasil é signatário da Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência (UNESCO, 1990) – adotada pela Organização das Nações Unidas (ONU); assim, corrobora-se a ideia da necessidade de implementação de ações que promovam a inclusão.

Conforme apontado por UNESCO (1990), a Declaração de Salamanca, documento elaborado em 1994 durante a Conferência Mundial sobre Educação Especial, em Salamanca (Espanha), aponta diretrizes para a elaboração de políticas nos sistemas educacionais de acordo com o movimento de inclusão social. O documento consolidou a educação inclusiva, cuja origem tem sido atribuída aos movimentos de direitos humanos e de desinstitucionalização manicomial que surgiram a partir das décadas de 60 e 70. As escolas inclusivas devem reconhecer e responder às diversas necessidades de seus crianças, acomodando tanto estilos como ritmos diferentes de aprendizagem e assegurando uma educação de qualidade a todos por meio de currículo apropriado, modificações organizacionais, estratégias de ensino, uso de recursos e materiais adequados – em uma escola inclusiva as pessoas com necessidades educacionais especiais deveriam receber o apoio que precisam, para que se lhes assegure uma educação efetiva, incluindo aqui o uso de Tecnologia Assistiva.

A Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República - SEDH/PR, através da portaria nº 142, instituiu o Comitê de Ajudas Técnicas – CAT, que reúne um grupo de especialistas brasileiros e representantes de órgãos governamentais, em uma agenda de trabalho. O CAT foi instituído com objetivos principais de: apresentar propostas de políticas governamentais e parcerias entre a sociedade civil e órgãos públicos referentes à área de tecnologia assistiva; estruturar as diretrizes da área de conhecimento; realizar levantamento dos recursos humanos que atualmente trabalham com o tema; detectar os centros regionais de referência, objetivando a formação de rede nacional integrada; estimular nas esferas federal, estadual, municipal, a criação de centros de referência; propor a criação de cursos na área de tecnologia assistiva, bem como o desenvolvimento de outras ações com o objetivo de formar recursos humanos qualificados e propor a elaboração de estudos e pesquisas, relacionados com o tema da tecnologia assistiva (BRASIL, 2013a).

A partir de uma série de referenciais o CAT aprovou, em 2007, um conceito sobre Tecnologia Assistiva para subsidiar as políticas públicas brasileiras. Assim, Tecnologia Assistiva (BRASIL, 2013a) foi definida como

> [...] uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e

> serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.

Assim, o desenvolvimento de recursos, mais especificamente de aparatos tecnológicos, considerando aspectos e características de deficiências visuais e auditivas podem promover e potencializar as interações sociais em diversos ambientes de ensino e aprendizagem de crianças desde a Educação Infantil, com a possibilidade de, de fato, serem incluídas em sociedade, pelo respeito mútuo à diversidade e heterogeneidade iniciadas e desenvolvidas em contextos escolares e extraescolares.

Nota pessoal quanto à justificativa desta pesquisa

Realizar este mestrado acadêmico em uma área incomum às engenharias e a formação inicial do autor, viabilizou um aprendizado inestimável de maneiras, modos e modelos de investigação científica-literária, social-pedagógica e pensamento crítico fundamental à emancipação de atributos qualitativos nos "*porquês*" que algo, inerentemente tecnológico, tenha e apresente funções e características dissociativas técnicas, na desconstrução lógica que sistemas computacionais se mostram por soluções comunicativas no ambiente escolar. Tratou-se de dissipar um discurso integral em que teorias fomentadas na aprendizagem e comunicação, desde os períodos iniciais da infância em ambiente escolar, tivessem reais relações nos propósitos de prototipagem e desenvolvimento de soluções em tecnologias assistivas para auxiliar a comunicação de e entre crianças com deficiências sensoriais distintas.

O autor, antes desse conhecimento, mantinha pesquisas acadêmicas voltadas ao auxílio metódico apenas de forma técnica nos cursos de engenharia, em resoluções (protótipos em sistemas computacionais embarcados por *software* e dispositivos robóticos/mecatrônicos) que circundam as problemáticas em diferentes deficiências (locomoção, reabilitação/recuperação de movimentos e motricidade) – deficiência física, (auxílio na locomoção, comunicação e aprendizagem) – deficiência auditiva, deficiência visual e múltiplas deficiências, (auxílio na percepção de sinais, lógica, interpretação, aprendizagem, reconhecimento de padrões, relações sociais e atividades rotineiras) – deficiência cognitiva, síndromes e demais NEEs.

Assim, após a pesquisa deste mestrado acadêmico em Ensino e Processos Formativos, a base fundamental entre sociologia, pedagogia, psicologia e suas teorias relacionais, se tornou aspecto de pesquisa primário e condicional para que quaisquer soluções tecnológicas, antes de

serem desenvolvidas e implementadas em ambiente escolar, devem prescrever quais abordagens sociais-pedagógicas são relevantes e dependentes, para um uso eficaz e eficiente no contexto multidisciplinar do ambiente escolar.

1.3. Objetivos

O objetivo geral proposto para esta pesquisa é parametrizar e validar características assistivas para estudo e desenvolvimento de dispositivos mecatrônicos que viabilizem interações comunicativas entre crianças com deficiência visual e crianças com deficiência auditiva, na educação infantil, entre 3 e 5 anos. Tais soluções abrangem um conjunto de tecnologias assistivas (TA) dedicadas ao auxílio desta interação comunicativa.

Como objetivos específicos são propostos:

- Estabelecer características que um dispositivo mecatrônico, como solução em TA, deve apresentar para favorecer interações comunicativas de e entre crianças com DA e DV, contemplando necessidades educativas especiais para a faixa etária da Educação Infantil, e fomentando o ensino da matemática;
- Descrever especificações técnicas para o desenvolvimento de soluções em TA, favorecendo interações comunicativas de e entre crianças com DA e DV;
- Desenvolver um protótipo conceitual do dispositivo mecatrônico que favoreça interações comunicativas de e entre crianças com DA e DV.

2 Educação infantil e o ensino da matemática

Este item trata de pressupostos e contribuições de Jean Piaget para a Educação Infantil, relacionando desenvolvimento e aprendizagem da matemática no período pré-operatório.

2.1. Desenvolvimento e aprendizagem nas séries iniciais segundo Piaget

Jean Piaget e Lev Vygotsky conflitam em alguns pontos, a saber, o paradigma estruturalista *versus* o funcionalista; a polêmica da não redução das funções a processos psicológicos, defendida por Vygotsky, como a constituição de sistemas estruturais, ideal ao desenvolvimento da inteligência, defendida por Piaget; ainda, a temática genética partilhada aos estudos apenas durante o processo de formação, pelas funções psicológicas (Vygotsky) e sistemas de conhecimento (Piaget); a atividade do sujeito na aquisição do conhecimento e o caráter qualitativo das mudanças no desenvolvimento, por ambos (GARCÍA, 2000; FERREIRO *et* al., 2009).

Todavia, cabe aqui a justificativa de adoção de um deles. Em Vygotsky, a interação social e o instrumento linguístico são decisivos para compreender o desenvolvimento cognitivo, enquanto em Piaget, o processo de desenvolvimento intelectual precede e coloca limites ao aprendizado, sendo o desenvolvimento cognitivo nos termos de um processo de construção de estruturas lógicas, com o sujeito (aluno) ativo, porém abstrato (epistêmico), e que faz da aprendizagem um derivado do próprio desenvolvimento (FERREIRO *et* al., 2009).

Esta premissa em Piaget é adotada como abordagem pedagógica deste trabalho, porque o desenvolvimento interno da criança fomenta as experimentações que o indivíduo tem consigo, precedendo as correções e normatizações durante o aprendizado para com o processo de comunicação.

Quando se propõe discutir interação entre crianças com deficiências sensoriais distintas, tem-se a preocupação inicial de como cada criança, individualmente, interage com as tecnologias e materiais pedagógicos para depois interagir entre eles.

Os processos de desenvolvimento são condições iniciais para a aquisição novos conhecimentos e independentes da ação de aprendizagem. Ainda, a relação de ensino-aprendizagem para a proposta de comunicação a crianças com deficiências sensoriais distintas fomenta justamente o desenvolvimento inicial, para depois prover conhecimento intra-construtivista. (FERREIRO *et* al., 2009).

Com isso, alguns conceitos piagetianos se tornam referência base ao modelo construtivista de interação e comunicação deste projeto:

- Aluno como sujeito epistemológico, sendo a percepção uma leitura direta da experiência, e nesse sentido, aprendizagem existe em função da experiência;
- Determinação dos eventos empíricos para modificar os conteúdos conceituais ou a forma de inferência;
- Produção de alterações em nível estrutural do sujeito, que necessite do mecanismo de funcionamento intelectual.

Neste contexto, Piaget conflita dois aspectos relevantes à produção do conhecimento: o primeiro dá-se pela forma como a criança passa de um estado de menor conhecimento para um de maior conhecimento e, ainda, como relacioná-los aos conteúdos ensinados na escola. O primeiro aspecto está orientado para a compreensão do desenvolvimento cognitivo, enquanto o segundo para a análise do aprendizado sistemático. Ambas se conflitam nos interesses da comunicação construtivista para a proposta do corrente projeto porque deve-se inicialmente dirigir a indagação ao sujeito cognoscente (aluno como único indivíduo) numa interação com o meio físico e social, para depois sistematizar o aprendizado conforme postulados do conhecimento adquirido (aluno como interações de indivíduos) (PIAGET, 1969, 1974a).

Assim, a instituição escolar deve desempenhar a função de comunicar os saberes socialmente produzidos considerados válidos e relevantes. A comunicação dos conteúdos escolares origina a relação didática como ternária, entre criança (sujeito), professor (mediador e orientador de saberes) e escola (difusão de saberes). Em Brosseau (1983) é justificada a existência da didática da matemática como ciência autônoma, com um objeto de estudo próprio – a comunicação do saber matemático e das modificações que essa comunicação produz nos participantes e no próprio saber.

A partir dos problemas colocados pela comunicação do saber (didática da matemática), é tangível a articulação dos conhecimentos de outras ciências, isto é, o estudo primário das situações didáticas permite a construção de conceitos necessários ou a modificação dos que atualmente são acrescidos de outros campos científicos.

Isso significa que o uso de uma tecnologia assistiva aplicada na alfabetização matemática na educação infantil apenas é executável quando comprovados o desenvolvimento e aprendizado (nesta sequência) das primeiras comunicações entre linguagens diferentes com crianças DA e DV para com o protótipo, e depois o conhecimento de fato de e na sua aplicação, direcionando a comunicação entre ambos pelos processos formativos a que são submetidos em função de assuntos envoltos a matemática.

Nesta linha, em Ferreiro e Teberosky (1979), os conhecimentos infantis respondem a uma dupla origem, determinadas pelas possibilidades de assimilação do sujeito e pelas informações específicas providas pelo meio. Em um contexto de socialização, ambas são favorecias pela possibilidade de enfrentar, com os outros, as próprias conceitualizações e em como as crianças conseguem desempenhar a informação sobre aspectos convencionais do sistema. Piaget (1969) considera então que a socialização do pensamento é progressiva e que uma cooperação verdadeira apenas é permitida a partir do período operatório concreto, isto é, a partir do momento em que as operações lógicas se agrupam em sistemas de conjunto. Porém, a relação entre operação e cooperação não deve ser unilateral, mas sim interdependente.

Piaget (1969) afirma que uma cooperação apenas existe entre pares, porque o professor age como coativo, exerce coerção sobre o pensamento infantil. Na didática da matemática, os resultados de pesquisas apontaram as dificuldades geradas ao pretender-se restituir às crianças o direito de reelaborar o conhecimento – ressignificando a coerção (PIAGET, 1969).

Com base nessas afirmações e contextualizando a proposta deste projeto, são apresentadas as seguintes premissas que definem o ensino na perspectiva construtivista:

- Ensinar é colocar problemas a partir dos quais seja viável reelaborar os conteúdos escolares;
- Ensinar é fornecer informação necessária para que as crianças consigam reconstruir o conteúdo sobre o qual estão trabalhando;
- Ensinar é favorecer a discussão sobre os problemas formulados, oferecer a oportunidade de coordenar diferentes pontos de vista, orientar a resolução dos problemas colocados;
- Ensinar é incentivar a formulação de conceitualizações necessárias para o progresso no domínio da língua escrita (conflitar Braille e Libras), promover redefinições sucessivas até atingir um conhecimento próximo ao saber socialmente estabelecido;
- Ensinar é fazer com que as crianças coloquem problemas que não tenham sido debatidos e discutidos fora do ambiente escolar.

Ainda, é relevante destacar que, conforme defendido por Becker (2001), conhecimento é a junção da capacidade (estrutura/forma) e o conteúdo da aprendizagem, e assim devem ser encaminhadas, de forma interdependente, dentro da sala de aula.

Para tal, o mesmo autor ressalta que desenvolvimento e aprendizagem constituem duas problemáticas distintas. No desenvolvimento, o sujeito se fundamenta de forma relacional às estruturas do conhecimento, em espontaneidade. Na aprendizagem, experimentos e recursos didáticos são aplicados/inferidos ao sujeito, por um observador (professor). Dessa forma, para que um sujeito seja ativo na organização do conhecimento, desenvolvimento e aprendizagem

se constroem estruturalmente pela assimilação (transforma objeto de conhecimento), pela acomodação (transforma a si mesmo), pela adaptação (transforma a seu redor) e pela organização (significância da aprendizagem) (BECKER, 2006; 2009; 2010).

Assim, a aprendizagem não se resume a assimilação, mas a acomodação dos esquemas de assimilação, uma vez que estende a forma de desenvolvimento do qual depende. A aprendizagem quando assimila novos dados, diferencia os esquemas para a acomodação do pensamento (BECKER, 2003). E dessa forma que a aprendizagem deve ser organizada, relacionando as estruturas entre a assimilação, acomodação, adaptação e organização no que definem o ensino na perspectiva construtivista.

2.2. Construção social do conhecimento na leitura e escrita

Os conhecimentos infantis respondem tanto pelas possibilidades de assimilação do sujeito (capacidade de enfrentar com os outros as próprias conceptualizações) quanto pelas informações específicas providas pelo meio (informantes sobre os aspectos convencionais do sistema).

Neste contexto, o princípio pedagógico fundamental é postulado como a permanente cooperação entre as crianças, dado que a confrontação entre distintos conhecimentos específicos desempenha fator fundamental no desenvolvimento do processo. A construção social do conhecimento então, permeia a instauração do trabalho cooperativo desde os primeiros aos de escolaridade (AEBLI, 1965; PIAGET, 1969). Se a cooperação social é um dos principais agentes formadores da gênese espontânea do pensamento infantil, o ensino moderno precisa imperativamente basear-se neste fato para atribuir o modo das atividades socializadas nos programas escolares.

As implicações pedagógicas para a aquisição da linguagem escrita nas crianças são apontadas na existência de um sujeito epistêmico que atua empregando os mesmos mecanismos de aprendizagem a diferentes áreas do conhecimento. Tal fato é relevante para a implementação de uma comunicação com base tecnológica a crianças com deficiências sensoriais, porque conhecendo quais são esses processos de compreensão infantil, permite ao alfabetizador identificar momentos propícios de intervenção nesses processos e da previsão de quais são os conteúdos necessários para promover melhorias no conhecimento.

Com isso, outra contribuição fundamental para o alfabetizador é a demonstração de que a aprendizagem da escrita tem um caráter evolutivo. A descrição dos padrões evolutivos configurados pelas hipóteses de aquisição comprova a existência de um desenvolvimento natural da escrita, seja em Braille ou escrita de sinais. A reflexão da escrita neste contexto é

um conteúdo que independe da escolarização para se iniciar, mas com a condição de que a criança tenha oportunidades de realizar interações produtivas.

Assim, a influência do meio social é assimilada ativamente pelo sujeito no período pré-operatório ao seu aprendizado na leitura e escrita, e a socialização de pensamento é progressiva à criança com deficiência sensorial, não pela dependência com uma tecnologia ou mecanismo pontual, mas por este tornar-se base à construção social do conhecimento entre seus usuários.

2.3. Construtivismo e alfabetização matemática

A construção da capacidade de contar na criança é consolidada pela coordenação das ações sobre os objetos, a fim de quantifica-los. A sucessão dos números se constitui em síntese operatória da classificação e da seriação, como abordado na obra *A gênese do número na criança* (PIAGET; SZEMINSKA, 1981). Nesta obra, os autores investigaram e desenvolveram premissas relacionadas a conservação das quantidades e a invariância dos conjuntos, a correspondência termo a termo cardinal e ordinal, e as composições aditivas e multiplicativas.

Analisando as ações que a criança precisa desenvolver na contagem de objetos, é evidente que o número resulta da síntese primária da classificação e da seriação.

- juntar objetos a serem contados, separados dos demais (classificação);
- ordenar objetos para serem contados e somente uma vez (seriação);
- Ordenar nomes aprendidos para a enumeração dos objetos, utilizando-os na sucessão convencional, apenas uma vez;
- estabelecer a correspondência biunívoca e recíproca nome/objeto;
- entender que a quantidade total de elementos de uma coleção é expressa por um único nome.

A contagem, então, é estabelecer a correspondência biunívoca termo a termo, entre quatro tipos de elementos (objetos, gestos, olhar, palavras-número). Quando as quantidades a serem comparadas são pequenas, a percepção visual ou a correspondência um a um sem contagem são recursos úteis. Mas se as quantidades são maiores, suas utilidades tornam-se discutíveis, logo, a contagem (introduzida pela família, na interação com o meio e enfatizada pela escola) torna-se o utensílio adequado para a comparação e quantificação de coleções (PIAGET; SZEMINSKA, 1981).

Ainda, de acordo com a conservação da quantidade, a criança consegue contar corretamente, mas confia mais na percepção visual que no resultado da contagem para comparar as duas quantidades, algo distinto entre as crianças.

Identificar em que momento as crianças desenvolvem raciocínios fundamentados apenas nas qualidades dos objetos para raciocínios sustentados nas quantidades que estabelecem, era mais relevante aos autores que a compreensão inicial da contagem. Nas pesquisas sobre conservação das quantidades, Piaget destaca as seguintes fases (PIAGET; SZEMINSKA, 1981, p.19).

> [...] as fases sucessivas são as seguintes: 1) a criança constrói uma fileira de mesma medida, mas sem correspondência termo a termo; 2) ela consegue uma correspondência visual correta, mas ao separar elementos de uma das fileiras, a criança pressupõe que a fileira mais extensa adquire, então, um número superior (10 em vez de 9, etc.); 3) na mesma situação, a criança pensa que o número se conserva mas que a quantidade aumenta (conservação da quantidade, mas não ainda da quantidade), com a identidade numérica, não sendo ainda, mais que um meio de individualizar os elementos, mas sem que a quantidade total seja igual à soma das partes; 4) na mesma situação, existe então, conservação tanto da quantidade como da quantidade.

A aquisição do conceito de número pelas crianças na educação infantil é baseada na diferença entre o conhecimento empírico e o conhecimento lógico-matemático. O primeiro é iniciado no ambiente externo e é adquirido pelo sujeito por uma interiorização através dos sentidos. O segundo é adquirido através de uma construção interna do sujeito. Na faixa dos 5 anos, o sujeito é capaz de deduzir logicamente números e operações apenas conhecendo algumas regras sobre determinadas tarefas. Existem inúmeros experimentos que Piaget conduziu sobre a prova destas diferenças (PIAGET, 1965).

Segundo ainda Piaget, a diferença entre conhecimento empírico e conhecimento lógico-matemático se estabelece na origem e nos modos de estruturação entre os três tipos de conhecimento: físico, lógico-matemático e social (convencional) (PIAGET, 1974a).

- Conhecimento físico: pela realidade externa, por meio de observação, palpável, empírico;
- Conhecimento lógico-matemático: relações iniciadas individualmente, em que os objetos dependem de cada indivíduo, funções similares ou distintas;
- Conhecimento social: convenções desenvolvidas pelas pessoas, de natureza geralmente arbitrária.

As implicações destes níveis/tipos de conhecimento para a aritmética são confundidas pelos educadores matemáticos, quando não fazem a distinção entre eles e postulam que a aritmética deve ser interiorizada a partir dos objetos (aritmética como conhecimento físico), e das pessoas (aritmética como conhecimento social), mas desconsiderando que neste caso é basicamente de conhecimento lógico-matemático (PIAGET, 1974b; 1974c).

Essas noções de distinção entre os conhecimentos são mais plausíveis em crianças na faixa dos 5 anos, porque estas conseguem relacionar as construções estabelecidas como lógico-matemática, e como se comparam com a social (por definições) e a física (por comprovação).

As ideias que educadores matemáticos têm sobre como ensinar aritmética dependem de suas próprias concepções a respeito de como as crianças aprendem. O aprendizado pode ser facilitado na proporção em que os educadores compreendem como as crianças aprendem.

Baseado em pressupostos empíricos, o aprendizado é dividido em quatro níveis básicos (ABOTT; WELLS, 1985):

- Nível concreto: contagem de objetos reais;
- Nível semiconcreto: contagem de objetos em figuras;
- Nível simbólico: uso de números escritos;
- Nível abstrato: generalização das relações numéricas;

Neste caso, é entendido que o conhecimento é adquirido pela interiorização a partir do ambiente. A teoria propõe que o aprendizado da criança se inicie pela contagem de objetos reais. No entanto, contar envolve, principalmente, conhecimento social em vez de conhecimento lógico-matemático. Essa é a razão em que as crianças de 5 anos conseguem conhecer todas as palavras necessárias à contagem, mas as usam para expressar seu conhecimento pré-lógico ou pré-operacional.

Tal teoria de aprendizagem tradicional, ainda sustentada por vários educadores matemáticos, peca por não diferenciar a abstração e a representação, e não considerar a distinção entre a representação com símbolos pessoais e a com símbolos convencionais.

A abstração, segundo Piaget, é empírica (simples) e reflexiva (construtivista) (PIAGET, 1967, 1980). A primeira infere em como a criança prioriza apenas uma certa propriedade do objeto, ignorando as demais. A segunda infere em como a criança constrói as relações entre os objetos, como similaridades e diferenças.

Assim, a abstração empírica é utilizada na aquisição, por parte da criança, de conhecimento físico, enquanto que a abstração construtivista é utilizada na aquisição de conhecimento lógico-matemático. Desta forma, nenhum dos dois tipos de abstração pode ocorrer sem o outro, porque são interdependentes pelas graduações de conhecimento que a criança adquire no decorrer do tempo (GRÉCO *et* al., 1960).

2.3.1. A interação social e a autonomia no aprendizado da matemática

O conhecimento lógico-matemático é intrínseco em cada criança e elaborado a partir de sua própria ação cognitiva. Os outros indivíduos ao redor despertam a análise crítica de debate para o pensamento sequencial de operações aritméticas em que a conclusão do resultado é o consenso pelo fato lógico, e não pelas influências de deduções.

Piaget (1977) atribuiu relevância notória à sócio-interação, sendo indispensável tanto no sentido de o sujeito elaborar o seu pensamento lógico, como para a construção adulta das ciências.

Com isso, o ensino construtivista da aritmética é somente ao fato deste abranger a autonomia das crianças como meta ampla, a longo prazo. Ao contrário da heteronomia, a autonomia de acordo com Piaget (KAMII; JOSEPH, 2003), não é o direito político de tomar decisões, considerando fatores relevantes, independentemente de recompensa ou punição, mas sim como um aspecto moral e um aspecto intelectual.

Na sua obra *O julgamento moral da criança*, Piaget (1965) apresentou vários exemplos triviais de autonomia e heteronomia, em que ilustra a relevância entre a relação humanística de respeito mútuo e afeição entre pais e filhos, e que consequentemente, tem influência direta entre crianças/crianças, crianças/professores e crianças/escola.

Assim, a autonomia como meta da educação é uma consequência necessária do construtivismo, sendo que a diferença entre a moralidade da autonomia e heteronomia se dá pela necessidade da primeira. A autonomia intelectual é considerável para a emancipação de um pensamento independente, sincero e crítico por parte da criança, e não apenas a reprodução de respostas convenientes, sendo essencial para a construção do conhecimento lógico-matemático.

2.3.2. Educação infantil e percepção matemática

As características das crianças no período pré-operatório dependem de fatores distintos como o meio cultural, nível socioeconômico, herança genética, educação familiar, entre outros, que influenciam diretamente no desenvolvimento infantil, referentes aos aspectos cognitivo, psicossocial e moral.

Como a abrangência da abordagem desta pesquisa é restrita ao período pré-operatório, de acordo com os estudos de desenvolvimento por Jean Piaget, são discutidas as características inerentes a estes indivíduos, na concepção do *pensamento pré-lógico*. As crianças nessa faixa etária apresentam as seguintes características (LORENZATO, 2011):

- ativas e motricidade em desenvolvimento;
- dificuldade em focalizar determinados detalhes;
- demonstra seletividade de apenas alguns colegas;
- tem regras próprias de linguagem e considera apenas sua opinião;
- egocêntrica, mas com capacidade de socialização emergente;
- imaginativa e capacidade de concentração baixa;
- não raciocina sobre os mesmos fatos na ordem inversa;
- linguagem verbal em desenvolvimento constante;
- pensamento ilógico, muitas vezes sem contexto;

No período pré-operatório (ou pré-operacional), a criança relaciona a construção de esquemas absorvidos no estágio anterior e inicia a representação destes, pela capacidade de pensar um objeto por meio de outro objeto. Tal representação (semiótica ou simbólica) permite a criança distinguir significados e significantes, não envolvendo abstrações na relação entre objeto e o que este representa (FLAVELL, 1996).

Através da função semiótica, tem-se um aprimoramento da imitação, e a acomodação desta etapa é a função que proporciona às crianças seus primeiros significantes que permitem representar internamente o significado ausente. Nessa etapa ainda, a aquisição da linguagem é um agente facilitador da socialização do pensamento, e assim a criança consegue reconstituir suas ações passadas sob forma de narrativas e antecipa as ações vindouras pela representação verbal. Outra característica nesse período é que existe uma variância entre a assimilação e a acomodação, sendo que a criança apresenta dificuldade em se acomodar ao novo, porque precisa assimilá-lo ao aprendizado anterior de maneira coerente, preservando os conhecimentos assimilados anteriormente (FLAVELL, 1996).

Ainda no período pré-operatório, existem algumas especificidades que são atribuídas ao *pensamento intuitivo* (PIAGET, 1937/75; SANTOS, 1997; VINHA, 2000).

- conhecimento com base nos “porquês”, embora associado a afirmações injustificadas;
- preferência ao que conhece e não ao que observa em representações gráficas;
- orientação espacial associada a objetos de interesse;
- facilidade maior em trabalhos de atributos sequenciais e menor em simultâneos;
- percepção visual mais evidente que a correspondência um a um;
- conceitos de tempo são vagarosamente evoluídos;
- contagem com significado através de manipulação de materiais concretos;

Dadas as características do pensamento pré-lógico e intuitivo, o perfil da educação infantil e a necessidade de se frequentar a pré-escola se conflitam no interesse da preparação inicial cognitiva/intelectual, físico, psicológico e social, no desenvolvimento contínuo do aprendizado a criança, deixando apenas de ser assistencial e recreativo.

Estas características, ainda, fundamentam as fases do desenvolvimento infantil que agregam a descoberta da realidade por meio da observação e da experimentação de materiais concretos (conhecimento físico), as relações entre as coisas, desenvolvimento de uma linguagem formal, aprendizado interdependente, aquisição não linear, correspondências entre concreto e abstrato. Neste aspecto, diferentes crianças geralmente têm diferentes preferências, habilidades, competências e tendências, que no decorrer do tempo, um mesmo fato ou situação recebe diferentes interpretações, porque o desenvolvimento no seu aprendizado está conectado às vivências que a criança tem, e assim, a um aprendizado mais dinâmico. Assim, as atividades escolares devem ser uma extensão das atividades vivenciadas antes e fora da escola (FREIRE, 1997; KAMII; DEVRIES, 2000).

Em termos práticos, para que as crianças neste período construam significados em seu desenvolvimento, inicialmente a atividade experimental é essencial à aprendizagem, e de acordo com os objetivos desta pesquisa, o uso de tecnologias assistivas aproxima as crianças com/sem deficiências num âmbito de vivências e convivências mútuas.

Dessa forma, alguns facilitadores do desenvolvimento infantil em conjunto com TA em sala de aula permitem auxiliar efetivamente na comunicação entre crianças DA e DV na percepção matemática (MANTOVANI DE ASSIS, 1979; MACHADO, 1991). São eles:

- o aprendizado da criança ocorre pela sua ação sobre o meio (os objetos), através dos sentidos, para adquirir uma aprendizagem significativa;
- apresentação individual e sequencial de elementos, objetos, fenômenos, situações e demais atributos desconhecidos pela criança;
- um mesmo conceito deve ser ensinado de maneiras distintas, mas equivalentes, para fixar o aprendizado generalizado;
- a didática, materiais e linguagens na TA devem ser baseados nas vivências das crianças;
- identificar e mostrar que a matemática não é apenas parte de um aprendizado isolado, mas sim que é envolta à todas as atividades escolares e extraclasse;
- como o ensino da matemática é pautado na interdependência de temas, evoluindo a complexidade de seus assuntos, na TA o mesmo deve ser respeitado porque neste período a criança também incorre a um aprendizado por etapas em seu desenvolvimento, isto é, o ensino deve adaptar-se à capacidade da criança;

Quanto ao último item, devem ser observados que o nível de compreensão da criança necessita de constante verificação, partindo dos conhecimentos que esta tem, *a priori*. Quando um conceito é pré-requisito à aprendizagem de outro, este apenas deve ser ensinado quando aquele estiver integralmente organizado pelo pensamento da criança (invariantes funcionais – assimilação e acomodação $\rightarrow$ adaptação $\rightarrow$ organização), e no uso de TA, essa premissa é

muito relevante. Assim, a TA deve também respeitar o período de estudo de cada temática em função do período de aprendizado de cada criança.

É necessário auxiliar a criança a transformar em abstrações reflexivas (da ação à representação) suas ações sobre o concreto, o manipulável ou o visual. Um início a este processo é alinhado a atividades sensório-motoras, como base para a aquisição de conhecimentos imediatos. Com o uso da TA neste aspecto, atividades que incluem o uso da motricidade própria da criança e o manuseio de objetos são passíveis de assimilação em menor tempo, uma vez que o auxílio da linguagem entre as crianças permite centrar a aquisição do aprendizado de forma direta (CASTRO, 1979).

Consequentemente, enquanto a criança realiza uma ação manipulativa, deve-se solicitar a ele que descreva o procedimento desta ação, favorecendo o desenvolvimento cognitivo e a linguagem usada (língua de sinais).

Após esta sequência, é interessante estimular os registros das atividades de forma escrita, para que a representação gráfica feita pelas crianças tenha significado matemático. A forma pela qual estes registros são representados têm definições iniciando pela gráfica idiossincrática (grafismos com significados próprios), pictográfica (desenhos dos objetos e suas repetições para indicar a quantidade), icônica (segmentos de reta indicando uma unidade) e simbólica (com grafismos convencionais). Esta parte é relevante ao uso de TA para que esta também atribua representações próprias ao registro de crianças DA e DV e ainda, não apenas as quantidades e simbologias gráficas, como também as operações matemáticas envolvidas.

Desse modo, existem também as atribuições inerentes à responsabilidade do professor em sala de aula, sendo este incumbido na adequação de oportunidades para a experimentação, observação, reflexão e debate pelas crianças. As atividades devem ser pautadas nas necessidades e no estágio cognitivo em que se encontram, em principal, crianças DA e DV e a emancipação de sua integração em sala de aula com os demais.

O professor deve observar cada criança, com intervenção e orientação guiadas nas suas necessidades, e com crianças DA e DV, o uso de TA permite tal direção nos procedimentos de como constroem o conhecimento, pela forma como a comunicação é conduzida entre ambos e com o restante da sala. Nesta etapa, a avaliação formativa é essencial para o registro e aprimoramento durante o desenvolvimento e aprendizado (EDWARDS *et* al., 1999).

E nessa linha de registros, observações e acompanhamento, deve-se organizar o trabalho de desenvolvimento do ensino da matemática na educação infantil, priorizando três áreas (geometria, aritmética e medidas) de abordagem letiva em sala de aula. Estas áreas não devem ser restritas a um determinado campo de conhecimento, mas sim serem interdependentes e

considerarem alguns aspectos como: características inerentes e habilidades da criança pré-escolar; como relacionar as três áreas de ensino matemático de acordo com o conhecimento prévio de cada criança e a inclusão efetiva de crianças DA e DV; quais noções e conceitos representativos das áreas devem ser desenvolvidos durante o ensino; quais processos cognitivos básicos de aprendizagem matemática são considerados (CHAMBLAS, 1984; 1985).

2.3.3. Ensino-aprendizagem da matemática na educação infantil

O ensino da matemática, bem como seu aprendizado na educação infantil, deve incorrer a reflexões didáticas de como os objetos de conhecimento e suas representações são apresentadas às crianças, que teorias pedagógicas se referenciar, e como as questões de resolução de problemas matemáticos são desenvolvidas (BRISSIAUD, 1993).

Os saberes necessários para a construção e condução de ensino que agregue as diversas dimensões do sentido na matemática, se relacionam com os conceitos, símbolos, expressões, números, sistemas, e outras funções fundamentadas na pedagogia da educação infantil, para o aprendizado da matemática. Assim, são divididos em saberes relativos ao edifício matemático, aos saberes relativos à aprendizagem, e aos saberes didáticos (BROSSEAU, 1983; DUVAL, 1993; LERNER; SADOVSKY, 1997), conforme Tabela 2.1.

Nos saberes sobre o edifício matemático, os aspectos atribuídos ao objeto e a sua representação devem ser conceitualmente distintos, como o caso dos números, com as operações numéricas (objetos) e os sistemas de numeração (representação), assim conhecendo suas relações; os saberes sobre aprendizagem consistem em identificar como os crianças constroem o conhecimento a partir da interpretação dos procedimentos adotados nas aulas, como os conhecimentos se diferenciam de um para outro e sua adequação em etapas; os saberes didáticos são referentes as experimentações práticas em que como as aulas de matemática são organizadas (DUVAL, 1995).

Quando estes saberes são tratados na construção do ensino da matemática na educação infantil, é sabido que o elo entre a aprendizagem e ensino da matemática se inicia na definição de *sentido*. Como tratar das relações entre objetos de conhecimento e representações, articulando na aquisição do sentido na matemática.

O *sentido* neste caso, está além da semântica e significado lineares atribuídos pelo professor em sala de aula durante determinada explicação sobre algum tema, se estende nas condições que a criança constrói os processos de aprendizagem para que aquela explicação tenha semântica e significado no contexto de suas vivências.

Tabela 2.1: Saberes necessários ao ensino da matemática. (Adaptado de LORENZATO, 2011).

Saberes sobre o edifício matemático	-Funções dos diferentes tipos de números para quantificar aspectos da realidade (contagem, medidas, comparações); -Interdependência das propriedades dos tipos de números e operações das características de notação do sistema de numeração; -Sistemas simbólicos e representações, na compreensão dos cálculos e suas operações; -Sistema de regras para o cálculo;
Saberes sobre aprendizagem	-Interpretação dos procedimentos e representações em termos de conhecimentos que as crianças praticam; -Conhecimentos distintos entre objetos e sistemas simbólicos; -Modos de conhecimento (implícitos, conscientes, explícitos);
Saberes didáticos	-Identificação das construções do sentido na aprendizagem matemática; -Identificação das relações práticas em aula e conhecimentos prévios; -Permissão das representações espontâneas das crianças na evolução do conhecimento; -Funcionamento dos sistemas simbólicos usados no ensino da matemática; -Reconhecimento das concepções didáticas de ensino;

Para tal, o sentido a ser ensinado/assimilado deve incorrer a distinção entre objetos e suas representações, e que estes mesmos objetos devem ser reconhecidos em cada uma de suas representações. O cumprimento destas condições por parte das crianças é um dos primeiros passos como proposta a longo prazo, e requer atividades específicas de ensino. Para trabalhar nesta perspectiva, é fundamental que o professor saiba coerentemente mostrar a diferença entre objetos e suas representações, e que compreenda as condições em que as representações funcionam como tal (FREGE, 1975).

Neste aspecto, o ensino da matemática situado numa perspectiva construtivista deve favorecer espaços para os processos de interpretação entre objetos e representações, tendo como condição necessária o reconhecimento pelas crianças de diversas maneiras de se conhecer um tema (implícito, explícito, consciente) relacionadas com um saber matemático construído durante o aprendizado.

Ainda, outros aspectos relevantes aos saberes do docente e da criança se estendem em: funções variadas que as representações desempenham para as crianças; existência de conhecimentos matemáticos não implicados nas operações sobre símbolos; complexidade

cognitiva que prediz a intepretação de representações e a necessidade de rever as concepções de aprendizagem e de ensino, como base às práticas atuais aos sistemas simbólicos.

Destaca-se então, que os processos exibidos mediante o suo das várias funções das representações constituem tanto o sentido dos conhecimentos que as crianças constroem dos objetos matemáticos, como o dos conhecimentos que constroem dos sistemas de representação (SKEMP, 1980; SIERPINSKA, 1995).

Isso é identificado na teoria de situações didáticas, de Guy Brousseau (1998; 1999), que se trata de uma teoria do ensino que propõe as condições para uma gênese artificial dos conhecimentos matemáticos na hipótese que estes não se constroem de forma voluntária.

A descrição sistemática das situações didáticas é um modo direto e formal para discutir com os professores sobre suas ações e reações em sala de aula, assimilando a relação entre professor/aluno, e produzindo situações-problemas adaptados aos saberes e às crianças (como forma de integrar crianças com e sem deficiências), para desenvolver um meio de comunicação entre pesquisadores e professores (BROUSSEAU, 1993; 1994; 1995).

A teoria de situações está apoiada numa concepção construtivista de Piaget, sobre aprendizagem que Brousseau (1983) assim descreve

> [...] a criança aprende adaptando-se a um meio que é fator de contradições, de dificuldades, de desequilíbrios, um pouco como o faz a sociedade humana. Este saber, fruto da adaptação da criança, manifesta-se por respostas novas que são a prova da aprendizagem.

E sobre situações, sua definição na construção do conhecimento é envolta a modelos de interação de um sujeito com um meio e determina um conhecimento dado como o recurso do qual o sujeito dispõe para conseguir ou para conservar neste meio um estado favorável. Algumas dessas situações exigem a aquisição prévia de conhecimentos e esquemas necessários, mas que também se constroem no sujeito em novos processos genéticos (GARCIA, 2000; PANIZZA, 2011). Ainda, se dividem em situações didáticas e adidáticas:

- *Situações didáticas*: é uma situação construída com a intenção de guiar as crianças a um conhecimento determinado. Um conjunto de relações estabelecidas explicita ou implicitamente entre uma criança e seu grupo, um meio (que agrega instrumentos e objetos) e um sistemas educacional (representado pelo professor) com a finalidade de conseguir que essas crianças se apropriem de um saber constituído ou em vias de constituição.
- *Situações adidáticas*: designa toda situação que, por um lado, não é dominada plenamente sem a prática dos conhecimentos ou o saber que se pretende, e que por outro lado, confirma as sanções que a criança decide, sem intervenção do professor.

A situação didática é aquela que, intrinsecamente, tem a intenção de que alguém aprenda alguma coisa. Tal intenção não desaparece na adidática, mas a criança deve se

relacionar com o problema a partir de seus conhecimentos, motivado pelo problema e sem intervenção direta do professor para sua solução (JOHSUA; DUPIN, 1993; MARGOLINAS, 1993).

2.3.4. Análise da avaliação formativa do eixo matemático na educação infantil

A avaliação na educação infantil deve considerar o desempenho das crianças quanto ao seu grau de aprendizado, e nesse caso, o acompanhamento do professor é necessário para o desenvolvimento intelectual da criança, e não para aprovação/reprovação entre o período de 0 a 5 anos. As Diretrizes Curriculares Nacionais informam sobre a avaliação na educação infantil (BRASIL, 2009):

Artigo 10. As instituições de educação infantil devem criar procedimentos para acompanhar o trabalho pedagógico e avaliar o desenvolvimento das crianças, sem objetivo de seleção, promoção ou classificação, garantindo:

I - a observação crítica e criativa das atividades, das brincadeiras e interações das crianças no cotidiano;

II - utilização de múltiplos registros realizados pelos professores e crianças.

De acordo com o texto base ainda, para a orientação das aprendizagens das crianças, a avaliação é instrumento de reflexão sobre a prática pedagógica, que contempla todo o contexto da aprendizagem, como as atividades propostas e suas implementações, as instruções e apoios a criança de forma individual ou pelo coletivo, as interações entre as crianças, a adequação do espaço e tempo para a realização das atividades.

O registro do desenvolvimento discente pelo professor deve ser ação constante, para garantir o trabalho realizado em sua prática pedagógica, e o progresso de suas crianças, como também considerar os objetivos reais durante o ensino-aprendizagem, a área de estudo, métodos e procedimentos usados na aula, as condições de tempo e recursos.

Diante destas informações, a categoria de análise avaliativa formativa é apresentada como base para os critérios de avaliação do eixo matemático na educação infantil, uma vez que fomenta as contribuições do docente para a regulação das aprendizagens como aquisição e implemento, numa concepção particular dos objetivos, das intervenções didáticas, sempre com a mediação e orientação do professor ao longo de cada atividade, diariamente, como acompanhamento periódico e metódico de aula (PERRENOUD, 1999).

A avaliação formativa é uma prática analítica contínua que contribui diretamente no aprimoramento das aprendizagens das crianças, de forma significativa em seu desenvolvimento, mas que também é sujeita a integrar critérios de avaliação secundários,

como objetos de apoio à análise pedagógica do desempenho discente, como a mediação do ensino e o diagnóstico do aprendizado.

À vista disso, a avaliação formativa deve munir-se dos critérios e instrumentos de apoio que assim, auxiliam a análise do discente em cada atividade, de cada aula, durante o ano escolar, como o diagnóstico dos perfis, os registros de tarefas, observações, arquivos de projetos, relatórios, e modos de linguagem na comunicação e interação social com os colegas de classe.

A aprendizagem da matemática na educação infantil é centrada na relação de diálogo/comunicação entre professor e criança, nas diferentes formas pretendidas de respostas para resolver situações-problemas. Trata-se de um processo de observação da criança em jogos e atividades didáticas, em relação a sua compreensão da matemática em si e como se aplica e direciona para objetivos mais extensos e difusos do âmbito escolar, social e familiar (PACHECO, 2011).

Neste aspecto, são evidenciados como as crianças neste período adquirirem o aprendizado num primeiro momento como propósito às metas de ensino da matemática em sala de aula (como micro objetivos, formulando um conhecimento produtivo sobre as teorias envoltas a um assunto do eixo matemático), e num segundo momento, mais crítico, estabelecer condições para que um criança de 0 a 5 anos, em desenvolvimento paralelo com o aprendizado, de associar e inferir as noções de números, sistemas numéricos, formatos geométricos, tempos e medidas num contexto com os colegas de classe da mesma forma com a família e outros ambientes sociais externos a escola (como macro objetivos, formulando um conhecimento diretivo sobre as implicações do aprendizado matemático, não apenas dentro do ambiente escolar, como fora) (GIROUX, 1997).

Com isso, a avaliação formativa transpassa o caráter instrumental para o professor e incide sobre os progressos apresentados pela criança.

2.4. LDB, PNE e os Referenciais Curriculares Nacionais para a Educação Infantil

De acordo com as diretrizes e bases da educação nacional, estabelecida pela lei 9394/1997, a educação deve abranger os processos formativos que se desenvolvem na família, no trabalho, nas instituições de ensino e pesquisa e nos movimentos sociais, em que se disciplina a educação escolar, como prática social (BRASIL, 1993, 1995, 1997).

Com base nesta LDB, o plano nacional de educação (PNE) da referida lei, pelo artigo 9°, antes como disposição transitória, atualmente é caracterizada como uma exigência constitucional com periodicidade decenal, sendo referência para planos de ensino estaduais,

distritais e municipais. Ainda, é item de articulação do Sistema Nacional de Educação, como texto base de lei 13.005 com efeito desde 2015, e que contextualiza as 20 metas elaboradas com uma análise inter-relacional com as políticas públicas mais amplas, pelas concepções e proposições da Conferência Nacional de Educação (CONAE 2010) na construção de planos de educação como políticas de Estado (BRASIL, 2015a).

Neste contexto, atendendo as determinações da LDB e integrando as metas do PNE, os referenciais curriculares nacionais para a educação infantil (RCNEI) objetivam o auxílio/apoio como guia referencial de aspecto educacional sobre objetivos, conteúdos e orientações didáticas para os profissionais que atuam diretamente com crianças da educação infantil (0 – 5 anos), respeitando suas metodologias pedagógicas e a diversidade cultural brasileira (BRASIL, 1998a, 1998b, 1998c). Para esta pesquisa, são considerados os referenciais estruturados e debatidos na construção pedagógica de ensino da matemática, que tratam da sua abordagem na educação infantil pelas ideias e práticas correntes, os objetivos da criança no aprendizado matemático de 0 a 3 anos e 3 a 5 anos, os conteúdos e orientações didáticas, as observações, formatos de registro e a avaliação formativa proposta.

As instituições de ensino devem auxiliar as crianças na educação infantil a construírem uma organização mais bem elaborada, com informações e estratégias, assim como a demanda de condições para a aquisição de novos conhecimentos matemáticos. O trabalho contextualizado a matemática neste período atende às necessidades da própria criança pela forma estrutural lógica e de pensamento cognitivo, como também às necessidades sociais para a compreensão e participação exigidas em convívio mútuo.

Como avaliação formativa, os critérios que devem considerar o desenvolvimento e aprendizado da criança na educação infantil, são relacionados com os objetivos da abordagem matemática com a finalidade de proporcionar as aproximações a algumas noções matemáticas presentes no seu cotidiano, como contagem e relações espaciais, característicos no período de 0 a 3 anos. Para o período de 3 a 5 anos, o objetivo é ampliar o período anterior, de forma a reconhecer e valorizar números, as operações numéricas, as contagens orais e as noções espaciais como ferramentas necessárias no seu cotidiano. Ainda, é objetivo utilizar-se da linguagem matemática e oral para comunicar ideias, postulados, processos usados, resultados de situações-problemas, bem como trabalhar com situações matemáticas novas e mais complexas, de acordo com os conhecimentos prévios adquiridos (BRASIL, 1998b, 1998c).

A avaliação de conteúdo também é tão relevante quanto aos aspectos aprendidos dos objetivos, e esta parte auxilia na seleção e organização de meios de planejamento da aprendizagem, e considera que a absorção dos conteúdos matemáticos é um processo contínuo

de abstração no qual as crianças, com base nas observações e experiências sobre os elementos do ambiente físico alocado e sociocultural, atribuem significados e estabelecem relações diretas. Também, a criança constrói suas competências matemáticas no aprendizado paralelamente com o desenvolvimento de outras ações naturais como a comunicação verbal, oral, desenhos, leituras e escritas (BRASIL, 1998a, 1998c).

Assim, a abordagem destes conteúdos de acordo com os objetivos de aprendizado no eixo matemático é proposta de forma ampla, com trabalhos mais complexos, mas com a construção de conhecimentos matemáticos por meio de sucessivas reorganizações no decorrer da educação infantil. O trabalho didático deve verificar tanto a natureza do objeto de conhecimento como o processo de construção pedagógica que a criança adquire, assim como é a premissa da avaliação neste caso.

Alguns dados relacionados ao número de matrículas em escolas de educação infantil de 2011 a 2016 são apresentados na Figura 2.1, que acordam o proposto pelo PNE e as determinações da LDB.

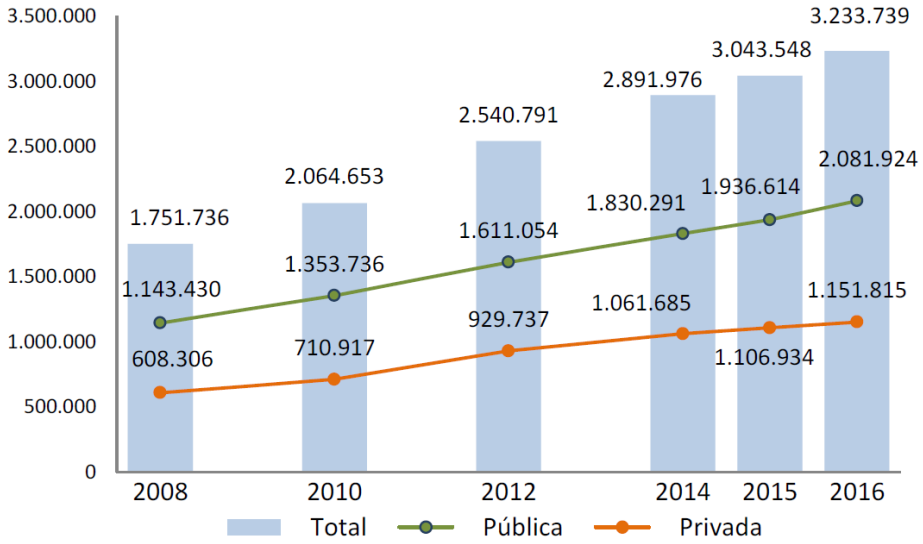


Figura 2.1: Matrículas nas etapas ‘berçário’ e ‘maternal’ por dependência administrativa da escola de educação infantil (MEC/INEP, 2016).

Observa-se na Figura 2.1 que na faixa etária adequada às etapas ‘berçário’ e ‘maternal’ (até 03 anos de idade), o atendimento escolar é de 25,6%, indicando a existência substancial de espaço para ampliação de oferta. No período de 2011 a 2016, as matrículas nestas etapas atingiram 56,6%.

Existem 64,5 mil escolas de educação infantil para estas etapas no Brasil, sendo 76,6% na zona urbana (59% municipais e 41% privadas – participação da iniciativa privada na

educação básica elevada), assim o plano nacional de educação (PNE) propõe um acréscimo de 50% no atendimento dessa população, expandindo as matrículas em 6 milhões.

Na faixa etária adequada à pré-escola (etapas 1 e 2), o atendimento escolar é de 84,3% (77,3% para a população de 4 anos e 91,4% para a população de 5 anos). Nessa perspectiva, o PNE, em sintonia com a Constituição Federal, propõe a universalização do atendimento escolar na faixa etária de 4 a 5 anos (MEC/INEP, 2016).

Existem 105 mil escolas de educação infantil que oferecem pré-escola no Brasil e atendem 5 milhões de crianças, sendo 24,3% matriculados na rede privada de ensino.

Dos dados do censo escolar apresentados na Figura 2.1, é conveniente relacionar com os dados do censo escolar da educação especial de 2015, que apresenta o número de matrículas de crianças público alvo da educação especial em escolas públicas da educação básica (Figura 2.2), escolas com matrículas de estudantes com deficiência nas redes pública e privada (Figura 2.3), matrículas de estudantes com deficiência em escolas comuns e escolas especiais (Figura 2.4), e as matrículas de estudantes com deficiência em escolas comuns das redes pública e privada (Figura 2.5).

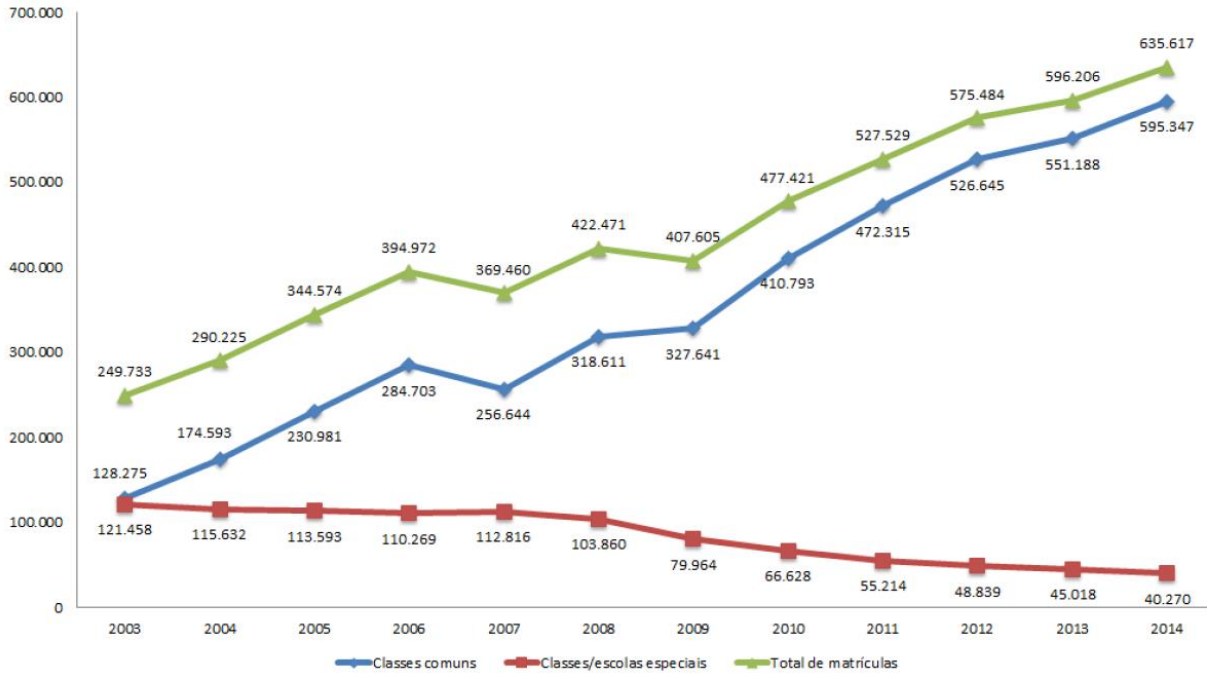


Figura 2.2: Matrículas de crianças público alvo da educação especial em escolas públicas da educação básica (MEC/INEP, 2015).

Observa-se na Figura 2.2 que existe uma distinção expressiva entre o número de matrículas de crianças público alvo da educação especial em escolas públicas de classes comuns regulares e escolas públicas de classes especiais em todas as etapas da educação

básica. Em 2003, o número era praticamente idêntico de ambas, correspondendo entre 49% – 51% (121.458 alunos na escola especial e 128.275 alunos na escola comum), e a diferença passou a ser significativa até 2014, quando as matrículas em salas comuns regulares se elevaram em 94% (595.347 alunos) e as matrículas em salas especiais decresceram em 6% (40.270 alunos).

Na Figura 2.3 é apresentado o número de escolas com matrículas de crianças com deficiência entre 2003 e 2014 nas redes pública e privada de ensino. Na rede privada de ensino, o percentual pouco se elevou (15% – 4.332 alunos, para 16% - 16.643 alunos), e a margem percentual na rede pública se estabilizou em 84% de todas as escolas (do total de 107.300 alunos matriculados, 90.657 alunos são da rede pública).

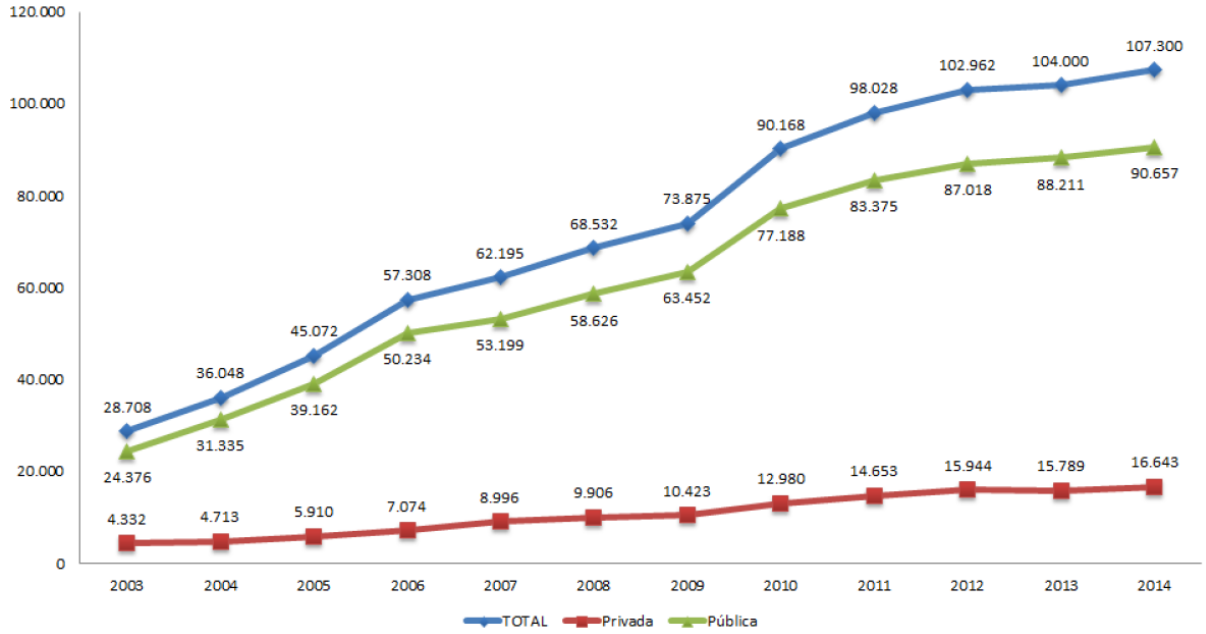


Figura 2.3: Escolas com matrículas de crianças com deficiência nas redes pública/privada (MEC/INEP, 2015).

A oscilação mais evidente é mostrada na Figura 2.4, que apresenta uma diminuição de 24% (6.940 alunos do total de 28.708 em 2003) a 4% (3.827 alunos do total de 107.300 em 2014) do número de escolas especiais com matrículas de crianças com deficiência, e uma elevação de 76% (21.768 alunos do total de 28.708 em 2003) a 96% (103.473 alunos do total de 107.300 em 2014) do número de escolas comuns com matrículas destas mesmas crianças. O aumento do percentual de matrículas de crianças com deficiência em escolas comuns regulares acompanhou estatística e proporcionalmente o aumento do número total de matrículas entre 2003 e 2014.

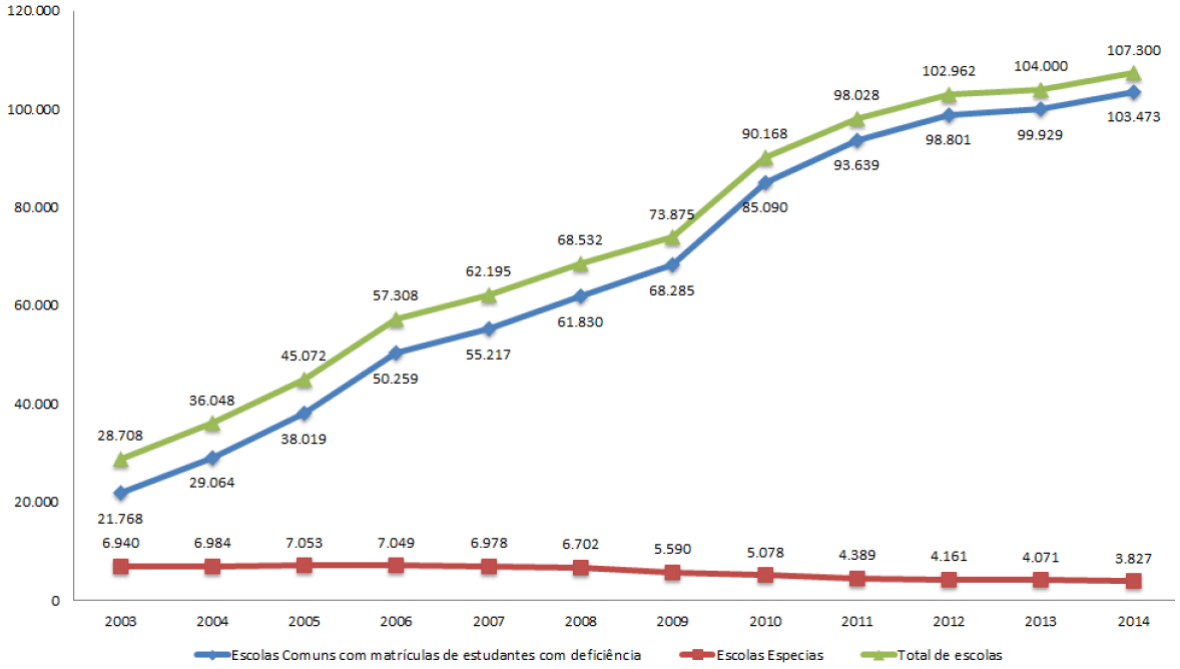


Figura 2.4: Matrículas de crianças com deficiência em escolas comuns e escolas especiais (MEC/INEP, 2015).

Na Figura 2.5, o número de escolas comuns com matrículas de crianças com deficiência se dividia entre 10% (2.228 alunos) e 90% (19.540 alunos) entre as escolas privadas comuns e as escolas públicas comuns, respectivamente, de um total de 21.768 alunos em 2003. Tal diferença em 2014 passou a ser de 14% (14.866 alunos) para as escolas privadas e de 86% (88.607 alunos) para as escolas públicas, de um total de 103.473 alunos.

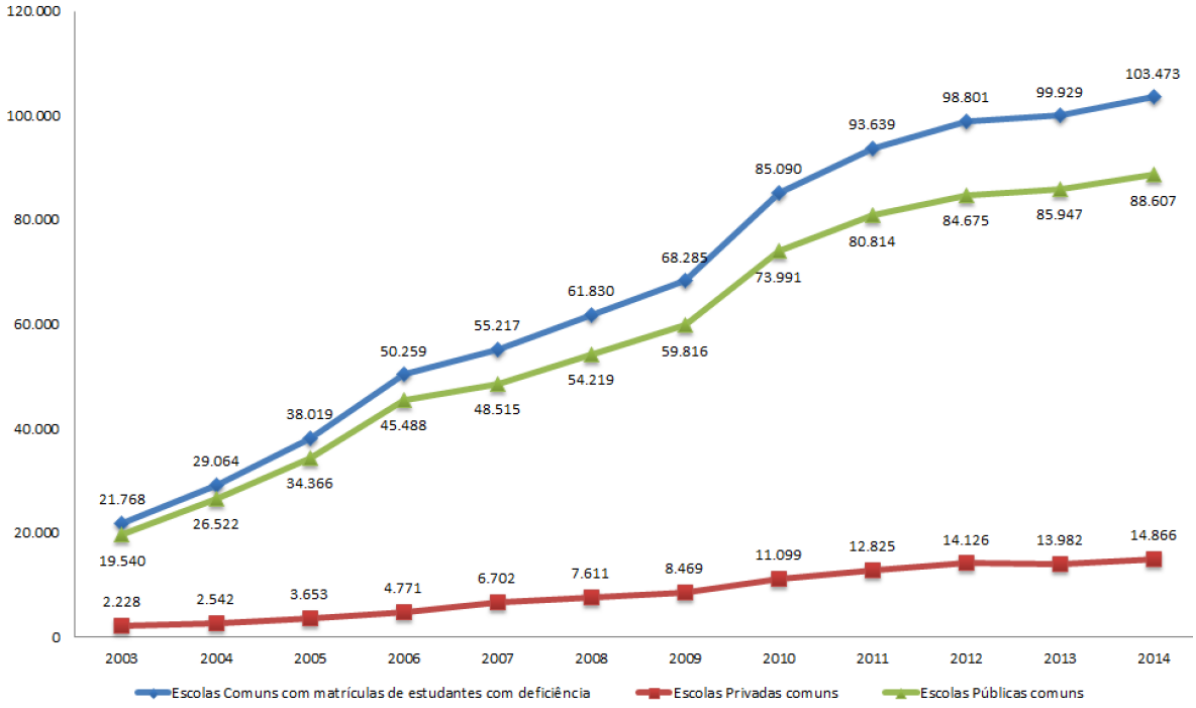


Figura 2.5: Matrículas de crianças com deficiência em escolas comuns da rede pública e privada (MEC/INEP, 2015).

2.4.1. Base nacional comum curricular e avaliação

A elaboração de uma base nacional comum curricular (BNCC) se sistematiza a partir de 2015, durante o I Seminário Interinstitucional da Comissão Nacional de Educação. A Base não é um currículo, mas sim um documento que define o conjunto de aprendizagens fundamentais, as quais os alunos da Educação Básica devem desenvolver. Nesse sentido, a Educação Infantil se configura como a primeira etapa da Educação Básica, ou seja, é nela que o processo educacional tem início. A BNCC não invalida os documentos e leis que já estão postos; portanto, as diretrizes educacionais anteriores a Base continuam valendo. Assim, a BNCC propõe um conjunto de orientações às equipes pedagógicas para a elaboração dos currículos. Os eixos de estruturais da Educação Infantil continuam os mesmos, conforme propõe as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Infantil (DCNEI), de 2009, e os documentos relativos ao segmento. Portanto, **interagir** e **brincar** continua sendo o foco do trabalho com esses alunos.

A versão final, em revisão pelo Conselho Nacional de Educação no ano de 2017, deve ter homologação do MEC em breve, e contempla a elaboração dos currículos e das propostas pedagógicas das escolas, a formação de professores, material didático, e avaliação. Nesta linha, é relevante ao propósito desta pesquisa conflitar, de forma sintetizada, os objetivos e competências gerais da área (eixo) de matemática entre os referenciais curriculares nacionais e BNCC, precisamente aos instrumentos de avaliação nesta área (VERONEZE et al., 2015).

Nos Referenciais Curriculares Nacionais da Educação Infantil (RCNEI), os conteúdos de matemática são divididos em três blocos de conhecimento, como números e sistemas de numeração; grandezas e medidas; espaços e formas. Os objetivos da área estabelecem relação da matemática com o cotidiano das crianças, tanto pelo desenvolvimento de práticas naturais à condução da oralidade, comunicação, assimilação de leituras e escritas de linguagem, como pelo aprendizado direto dos conceitos matemáticos. A BNCC, no entanto, não identifica os conteúdos, mas os denomina como campos de experiência. O documento destaca que a matemática se anuncia em todos os campos de experiências da educação infantil, dedicadamente ao espaço, tempo, quantidade, relações e transformações. Os conteúdos em ambos os referenciais não são analítica e linearmente próximos, mas fazem referência no desenvolvimento de capacidades sobre números, geometria, localização, grandezas e medidas.

Logo, faz-se necessário, por tal justificativa, adotar critérios analíticos (e instrumentos) de avaliação que se alinham com a proposição dos documentos que exercem função de parâmetro/referencial/diretriz/base.

No caso da BNCC, a problemática nesse sentido é denominar quais conteúdos são planejados para o ciclo de educação infantil de forma sequencial e procedural, uma vez que o aprendizado das crianças deste período e com deficiência sensorial, submetidos ao uso de uma tecnologia assistiva para auxiliar na aquisição destes conteúdos, torna-se deficitário pelo modo como a condução é estruturada.

3 Educação Especial e o contexto social

> *Artigo. 27. A educação constitui direito da pessoa com deficiência, assegurado o sistema educacional inclusivo em todos os níveis e aprendizado ao longo de toda a vida, com constante desenvolvimento de seus saberes, propriedades sensoriais, intelectuais e sociais, segundo suas características e necessidades de aprendizagem.*
>
> (Estatuto da Pessoa com Deficiência/2015, capítulo IV: Do direito à educação) (BRASIL, 2015b)

De acordo com o estatuto da pessoa com deficiência, referenciado anteriormente, para uma sociedade integrativa e inclusiva de fato, a deficiência deve ser concebida como uma diferença, e não como um déficit.

Para a construção de ambientes escolares inclusivos, a concepção de identidade e diferenças é fundamental para uma relação subjetiva da oposição binária de conceito, e então não se caracteriza uma identidade como norma privilegiada em relação às demais (MANTOAN, 2007; PAPIM *et* al., 2017). Deve-se existir um questionamento da artificialidade nas identidades *normais*, para entender que as diferenças são resultantes da multiplicidade, não da diversidade.

A declaração de Salamanca destaca que o princípio fundamental das escolas inclusivas consiste em que todas as crianças aprendam juntos, mesmo com dificuldades e diferenças apresentadas. As escolas inclusivas devem reconhecer as necessidades diversas das suas crianças, adaptando os vários modelos de aprendizagem com currículos adequados, organização escolar, estratégias psicológicas, utilização de recursos, e interação comum com a cooperação entre sociedade e escola (UNESCO, 1994).

A educação especial deve conceber a escola como um espaço de todos e para todos, em que as crianças constroem o conhecimento de acordo com suas capacidades, participam de tarefas de ensino e se desenvolvem como cidadãos, assim conflitando a escola dos diferentes com a escola das diferenças (BRASIL, 1961; 1971; 1988).

Neste capítulo, então, são abordados temas que caracterizam a educação especial, sua implementação no contexto social, como funciona e deveria funcionar a escola regular de educação infantil na perspectiva escolar inclusiva, as definições das deficiências auditiva e visual, legislações e referenciais técnicos que normatizam o ensino e a inclusão escolar, as necessidades educativas especiais (NEE), as características e estruturas funcionais de tecnologias assistivas.

3.1. A escolar regular comum na perspectiva escolar inclusiva

A pedagogia da escola das diferenças, que se enquadra como a escola na perspectiva inclusiva, deve questionar, criticar, discutir, contrapor-se, construir e reconstruir as práticas aplicadas, que mantêm ainda a exclusão através de processos de ensino indiscutíveis, impostos e alocados sobre a desconsideração dos excludentes. Para que a escola comum se torne inclusiva, deve-se reconhecer as diferenças das crianças diante do processo educativo, e objetivar a participação e progresso de todas, com práticas pedagógicas inovadoras e transformadoras (BUENO, 2005; BRASIL, 2013b).

No ambiente escolar, a coexistência de um ensino de qualidade permite prover iniciativas que envolvem professores, gestores, especialistas, família e crianças, convergindo a uma proposta comum com o Projeto Político Pedagógico (PPP), que caracteriza o plano de trabalho definido, contendo as especificidades e características que o coletivo escolar determinou (BRASIL, 1996).

Considerando a perspectiva da inclusão escolar, a educação especial se integra a proposta pedagógica da escolar regular comum, com atendimento às crianças com deficiência, altas habilidades e transtornos globais de desenvolvimento. Ainda, pode-se atuar de forma adaptada, com orientação e atendimento *a posteriori* destas crianças.

No processo educacional, o atendimento às especificidades das crianças com deficiência é direcionado pela educação especial, atuando de forma ampla na escola, com orientação da organização de redes de apoio, a formação continuada, o desenvolvimento de práticas colaborativas e a identificação de recursos e serviços.

Dessa forma, a educação especial é inclusiva se atende pedagogicamente recursos e serviços de orientação quanto ao uso no processo de ensino-aprendizagem dentro da escola regular comum (MEC/SECADI, 2009).

Os dados estatísticos referentes ao número de matrículas de crianças da educação especial entre 2008 e 2016 na educação básica mostram uma diminuição significativa de quase 70.000 matrículas em 2008 para quase 10.000 matrículas em 2016 (redução de 85,7%) nas classes especiais/escolas exclusivas, e um acréscimo de ~50% no número de matrículas nas classes comuns/escolas regulares (30.000 matrículas em 2008 para 60.000 matrículas em 2016). Relacionar estes dados de forma quantitativa é relevante para informações estatísticas de relatórios técnicos que objetivam apenas quantificar e mensurar (MEC/INEP, 2016).

Ainda, desde 2003 observou-se um progresso considerável no número de matrículas de crianças com deficiência na educação infantil, apresentado na Figura 3.1.

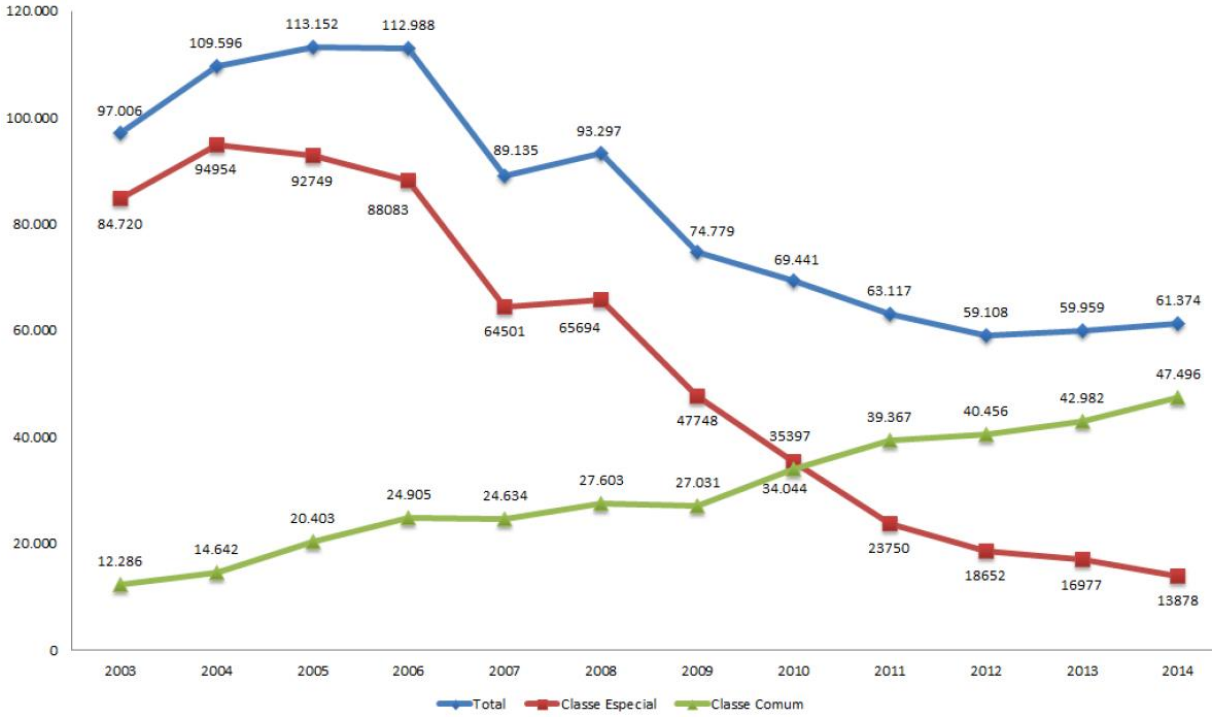


Figura 3.1: Matrículas de crianças com deficiência na educação básica (MEC/INEP, 2015).

Mas a discussão destes dados de forma qualitativa é ainda preocupante, porque tais números não representam efetivamente a *inclusão educacional*, que se referencia à inclusão do sujeito pela educação (garantia do desenvolvimento pedagógico, aprendizado, acesso ao conhecimento e sócio-interação). Ainda, para a efetiva *inclusão educacional*, deve-se promover metódica e pedagogicamente a *educação inclusiva* (provinda da *educação especial*), que envolvem as estratégias, recursos, ferramentas, materiais e métodos que fomentem a assistência/auxílio e adaptação/flexibilização no ambiente escolar.

Seguindo essas premissas, com destaque aos objetivos da política nacional de educação especial na perspectiva da educação inclusiva (MEC/SEADI, 2009), o acesso e a aprendizagem de crianças com deficiência devem contemplar, para a efetiva inclusão educacional:

- transversalidade da educação especial (da educação infantil a educação superior);
- atendimento educacional especializado;
- continuidade da escolarização nos níveis mais elevados do ensino;
- formação de professores para o atendimento educacional especializado e demais profissionais da educação para a inclusão escolar;
- participação da família e da comunidade;
- acessibilidade urbanística, arquitetônica, nos mobiliários e equipamentos, nos transportes, na comunicação e informação;
- articulação intersetorial na implementação das políticas públicas.

3.2. Diretrizes e Legislações: LDB, PNE e BNCC

As diretrizes e legislações que regulamentam a Educação Especial no Brasil é guiada e orientada por documentos nacionais e internacionais, assim descritos nos itens a seguir.

3.2.1. Legislação internacional

Na declaração dos direitos das pessoas deficientes (termo usado ainda em 1975 pela ONU), a resolução aprovada pela assembleia geral da Organização das Nações Unidas, recordando os princípios da declaração universal dos direitos humanos, padrões estabelecidos para o progresso social nas constituições, convenções, recomendações e resoluções da organização internacional do trabalho (OIT), da organização educacional, científica e cultural das Nações Unidas, proclamou 13 medidas de direitos civis, políticos, educacionais e sociais para assegurar a referência de base comum às pessoas com deficiência (SEDH/CORDE, 2007).

Ainda no âmbito internacional, a carta para o terceiro milênio (CTM), aprovada em 1999, trata de uma reafirmação aos propósitos de reconhecimento pleno dos direitos humanos, principalmente voltados à defesa da pessoa com deficiência. Dita que programas internacionais de assistência ao desenvolvimento econômico e social devem apresentar padrões mínimos de acessibilidade em projetos de infraestrutura de tecnologias e comunicações, assegurando a inclusão devida de pessoas com deficiência. O acesso deve ser imediato ao tratamento, à informação sobre técnicas de reabilitação, à provisão de tecnologias assistivas apropriadas ao auxílio destas pessoas (MEC/SECADI, 2009).

Ainda em 1999, na Assembleia Geral da Organização dos Estados Americanos, promulgou-se a convenção interamericana para a eliminação de quaisquer formas de discriminação contra pessoas com deficiência na educação. Os decretos desta assembleia são conhecidos como a convenção de Guatemala (MEC/SECADI, 2009), e ditam:

- Art. 1º: a convenção interamericana para a eliminação das formas de discriminação contra as pessoas com deficiência, apensa por cópia ao presente Decreto, executada e cumprida tão inteiramente em que nela se contém;
- Art. 2º: são sujeitos à aprovação do Congresso Nacional quaisquer atos que resultem em revisão da referida convenção, assim como quaisquer ajustes complementares que, nos termos do art. 49, inciso I, da Constituição, acarretem encargos ou compromissos gravosos ao patrimônio nacional;

Na conferência internacional sobre Necessidades Educativas Especiais (NEE), em Salamanca (em 1994), delegados de 92 nações reafirmaram e reconheceram a necessidade de garantia à educação para crianças em todas as faixas etária, que apresentam NEE no quadro

do sistema regular de educação, sancionando ainda o enquadramento da ação na área NEE, em que governos e organizações atribuam e orientem propostas e recomendações envoltas a este tema (UNESCO, 1990; 1994/1998).

Ainda, proclamaram as seguintes premissas:

- cada criança tem o direito fundamental à educação e deve ter a oportunidade de conseguir e manter um nível aceitável de aprendizagem;
- cada criança tem características, interesses, capacidades e necessidades de aprendizagem que lhe são próprias;
- os sistemas de educação devem ser planeados os programas educativos implementados tendo em vista a vasta diversidade destas características e necessidades;
- crianças da educação infantil e fundamental com NEE devem ter acesso às escolas regulares, que a elas se devem adequar através de uma pedagogia centrada na referida criança, convergindo planos pedagógicos e metodologias à estas necessidades;
- as escolas regulares, seguindo esta orientação inclusiva, constituem os meios principais para mitigar discriminações, construindo uma sociedade inclusiva com relação custo-qualidade eficiente em quaisquer sistemas educativos.

Quanto aos governos, a incumbência da concessão prioritária, através de medidas políticas e orçamentárias, ao desenvolvimento dos respectivos sistemas educativos, de modo eficazmente inclusivo, independente das diferenças e dificuldades individuais.

A adoção como matéria de lei ou como política, o princípio da educação inclusiva, admitindo todas as crianças nas escolas regulares, deve seguir as seguintes proposições:

- desenvolver projetos demonstrativos e prover condições de intercâmbio educacional com outras organizações exteriores que têm experiência de escolas inclusivas;
- estabelecer mecanismos de planeamento, supervisão e avaliação educacional para crianças com necessidades educativas especiais, de modo descentralizado e participativo;
- incentivar e facilitar a participação dos pais, comunidades e organizações de pessoas com deficiência no planeamento e na tomada de decisões sobre os serviços na área das necessidades educativas especiais;
- assegurar métodos de identificação e nas estratégias de intervenção precoce, assim como nos aspectos vocacionais da educação inclusiva;
- garantir que, no contexto duma mudança sistémica, os programas de formação de professores, tanto a nível inicial como em serviço, incluam as respostas às necessidades educativas especiais nas escolas inclusivas.

Outra declaração, aprovada no Congresso Internacional da Sociedade Inclusiva em Montreal, em 2001, trata da empregabilidade educacional entre governos, empregadores e

trabalhadores no desenvolvimento e projetos inclusivos (desde o desenho e prototipagem) em ambientes, produtos e serviços (DIMSI, 2001).

Recentemente, a convenção da ONU sobre os direitos da pessoa com deficiência prediz em seus princípios relacionados à educação: o convívio mútuo pela dignidade inerente, a independência da pessoa, a autonomia individual, a não discriminação, a plena e efetiva participação e inclusão na sociedade, a deferência pelas diferenças, a igualdade de oportunidades, a acessibilidade, a igualdade entre gêneros, e consideração pelas capacidades em desenvolvimento de pessoas com deficiência (SEDH/CORDE, 2007). O texto da convenção reafirma o conteúdo da Declaração Universal dos Direitos Humanos (ONU, 1948), neste momento dirigida particularmente ao Brasil, com mais de 45 milhões de pessoas com deficiência (23,9% da população brasileira), segundo o censo de 2010.

3.2.2. Legislação nacional

No âmbito nacional, a linha do tempo da legislação relativa à educação especial data de 1988, quando promulgada a Constituição Federal. Existem várias referências desde então, até 2017, mas neste item apresentam-se as leis, decretos e portarias (planos nacionais) que se relacionam com os direitos na educação especial.

O artigo 205 da CF define a educação como um direito generalista, que garante o pleno desenvolvimento da pessoa, a cidadania e a qualificação no trabalho. Estabelece a igualdade de condições de acesso e permanência na escola, e assegura que é dever do Estado oferecer o atendimento educacional especializado (AEE), preferencialmente na rede regular de ensino (BRASIL, 1988).

A portaria do Ministério da Educação n° 1793/1994 recomenda a inclusão de conteúdos relativos aos aspectos éticos, políticos e educacionais da normalização e integração da pessoa com deficiência nos currículos de formação de docentes (MEC, 1994).

Em 1999, as resoluções CNE/CBE n° 02 e 04 e os pareceres CNE/CBE n° 09 e 17 da Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação, de forma resumida atendem as diretrizes curriculares nacionais para a educação especial na educação básica, assim como a formação de professores da educação básica (CNE/CEB, 1999a; 1999b; 1999c; 1999d).

O decreto executivo 6949 de 2009 promulga a convenção sobre os direitos das pessoas com deficiência e seu protocolo facultativo. Tal convenção fornece orientação detalhada para o desenvolvimento de sociedades inclusivas, 155 nações assinaram e ratificaram a convenção (BRASIL, 2009; UNICEF, 2013).

O plano nacional dos direitos das pessoas com deficiência, no artigo 03, estabelece a garantia de um sistema educacional inclusivo como uma das diretrizes. Baseia-se na convenção sobre os direitos das pessoas com deficiência, que recomenda a equiparação de oportunidades (BRASIL, 2011a; 2011b; 2011c). O eixo educacional prevê:

- implantação de salas de recursos multifuncionais (AEE);
- programa *escola acessível*, que direciona recursos financeiros para projetos de acessibilidade arquitetônica nas escolas e aquisição de materiais e equipamentos de tecnologia assistiva;
- programa *caminho da escola*, que oferta transporte escolar acessível a crianças com deficiência;
- educação bilíngue – formação de professores e tradutores-intérpretes em Língua Brasileira de Sinais (Libras);
- Benefício de Prestação Continuada da Assistência Social (BPC) na escola.

Finalmente, em 2015 a lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência (LBI) n° 13146, no capítulo IV aborda o direito à educação, com base na convenção sobre os direitos das pessoas com deficiência, que deve ser inclusiva e de qualidade em quaisquer níveis de ensino; garantir condições de acesso, permanência, participação e aprendizagem, por meio da oferta de serviços e recursos de acessibilidade. Contempla também o AEE, entre outras medidas (BRASIL, 2015b).

LDB (Diretrizes e Bases da Educação Nacional) na Educação Especial

Define educação especial no capítulo V da lei n° 9394 como a modalidade de educação escolar oferecida pela rede regular de ensino a crianças com necessidades educativas especiais (BRASIL, 1996).

Alguns artigos do capítulo V ditam:

- serviços de apoio especializado na escola regular deve ser aplicável;
- atendimento educacional feito em classes, escolas ou serviços especializados, dadas as condições peculiares de cada criança, não ser aplicável sua relação nas classes comuns do ensino regular;
- a oferta de educação infantil deve-se iniciar na educação infantil;
- sistemas de ensino devem assegurar:
    - I. currículos, métodos, técnicas, recursos educativos e organização específicos, para atender às suas necessidades;
    - II. terminalidade específica para aqueles que apresentarem menor nível exigido na conclusão de etapas;
    - III. professores com formação para atendimento especializado, na relação destas crianças em classes comuns do ensino regular;
    - IV. educação especial para o trabalho para a efetiva inclusão na sociedade;

- V. acesso igualitário aos benefícios de programas sociais suplementares disponíveis para o respectivo nível do ensino regular;
- critérios de caracterização das instituições privadas sem fins lucrativos, especializadas e com atuação exclusiva em educação especial para fins de apoio técnico e financeiro pelo poder público.

PNE (Plano Nacional de Educação) na Educação Especial

O plano nacional de educação define as bases, diretrizes, metas e estratégias da política educacional brasileira entre os anos de 2014–2024. O 1° bloco de planos constitui-se em metas estruturantes ao direito da educação básica. O 2° bloco de planos trata da redução das desigualdades, valorizando a diversidade (e equidade comum). O 3° bloco de planos define metas de formação/aptidão continuada aos profissionais da educação, referentes aos blocos anteriores, qualificados e capacitados em modelos de ensino-aprendizagem e desenvolvimento pedagógico relacionado ao acompanhamento e atendimento em educação especial (BRASIL, 2015a).

O MEC (Ministério da Educação) articulou com órgãos e instâncias representativas do setor educacional, as referências-base envoltas ao Planejamento Estratégico Institucional e ao Plano Tático Operacional a cada meta do PNE, juntamente das secretarias e autarquias na definição das ações, dos responsáveis e dos recursos.

Das 20 metas contidas no PNE, a meta 4 premissa em universalizar à população com deficiência desde a educação infantil ao ensino médio, o acesso à educação básica e ao atendimento educacional especializado na rede regular de ensino, sob sistemas educacionais inclusivos, de salas de recursos multifuncionais, classes, escolas ou serviços especializados, públicos ou conveniados.

Na perspectiva inclusiva, a educação especial integra a proposta pedagógica da escola regular, dedicado ao atendimento escolar e o atendimento educacional especializado complementar. Tal tarefa é convergente aos pressupostos da Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva, para promover a articulação intersetorial entre órgãos e políticas públicas de assistência social e direitos humanos.

Alguns dados estatísticos relacionados aos principais indicadores da educação de pessoas com deficiência são apresentados pelo censo MEC/INEP de 2015, sobre as escolas pertencentes ao estado de São Paulo (MEC/INEP, 2015). Tais dados (2003 – 2014) apoiam a base metódica do plano nacional de educação, que define as metas elaboradas a partir de 2014 a 2024.

No estado de São Paulo, a porcentagem de matrículas em escolas públicas de crianças público-alvo da educação especial contempladas com salas de recursos multifuncionais é de 49% (~3717 escolas), enquanto que 6215 escolas públicas tiveram matrículas atendidas pelo programa *escola acessível*.

Na educação básica, a taxa de inclusão de estudantes com deficiência na educação básica é de 75%, abaixo da média nacional (79%). Mas, na educação infantil, a mesma taxa é de 88%, acima da média nacional (77%).

Na Figura 3.2, o gráfico apresenta a relação de matrículas de estudantes público-alvo da educação especial, e na Figura 3.3, a relação apresentada se refere às matrículas em escolas públicas da educação básica.

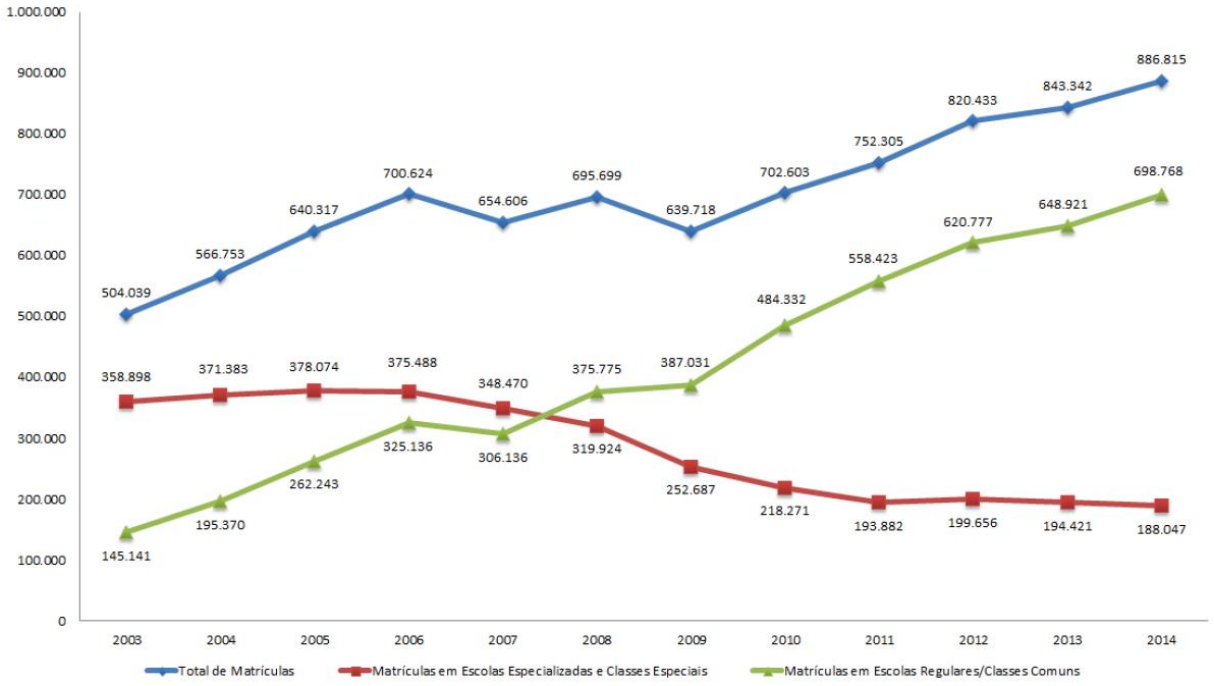


Figura 3.2: Matrículas de crianças público alvo da educação especial (MEC/INEP, 2015).

Observa-se na Figura 3.2, que o percentual das matrículas em escolas especializadas e em classes especiais diminui de 71% (358.898 alunos) em 2003 a 21% (188.047 alunos) em 2014, e o percentual das matrículas em escolas regulares e classes comuns ascendeu de 29% (145.141 alunos) em 2003 a 79% (698.768 alunos) em 2014, prescrevendo uma substancial elevação no número de crianças da educação especial quantificados formalmente a acessos inclusivos na rede regular de ensino. O total de matrículas era de 504.039 em 2003 e de 886.815 em 2014.

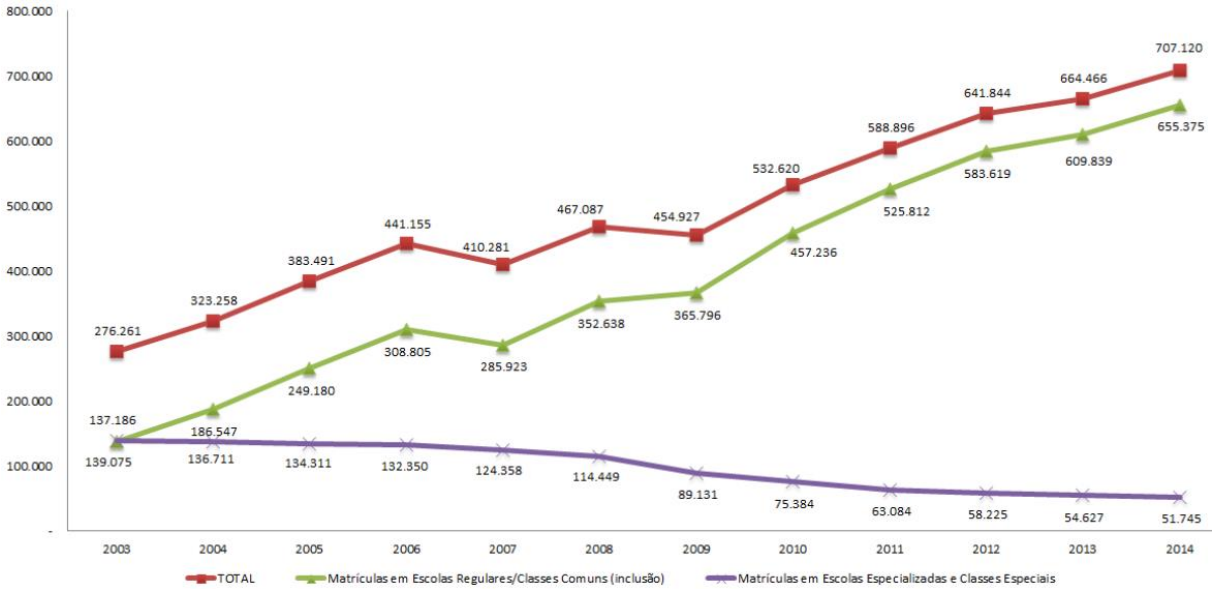


Figura 3.3: Matrículas de crianças público alvo da educação especial em escolas públicas da educação básica (MEC/INEP, 2015).

Na Figura 3.3, o percentual das matrículas em escolas especializadas e em classes especiais diminui de 50% em 2003 a 7% em 2014, e o percentual das matrículas em escolas regulares e classes comuns ascendeu de 50% em 2003 a 93% em 2014, e o total de matrículas saltou de 276.261 em 2003 a 707.120 em 2014.

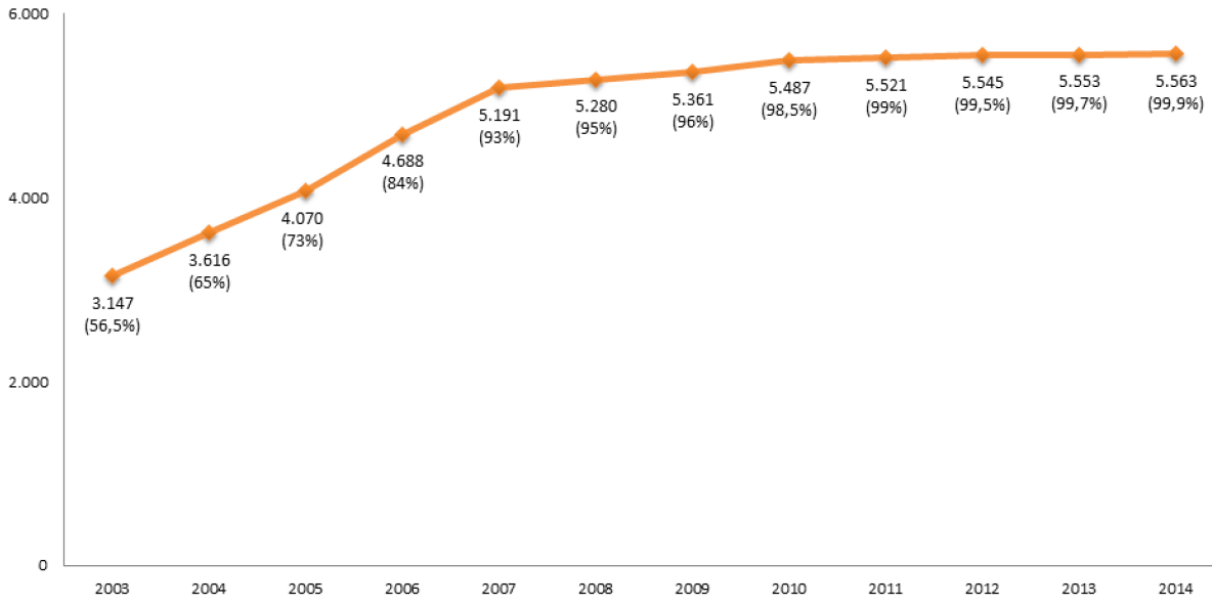


Figura 3.4: Municípios com matrículas de crianças público alvo da educação especial em classes comuns do ensino regular (MEC/INEP, 2015).

Verifica-se na Figura 3.4, que o número de matrículas em municípios que ofertam o acesso a crianças público alvo da educação especial em classes comuns do ensino regular ascendeu de 56,5% a 99,9% em 11 anos. A evolução mais significativa ocorreu entre 2003 e 2007, período em que escolas de ensino regular se adaptaram à LDB e aos parâmetros curriculares nacionais (PCN).

BNCC (Base Nacional Comum Curricular) na Educação Especial

A Base Nacional Comum Curricular, homologada em 2017, traz algumas premissas sobre a educação especial, identificando e eliminando barreiras na garantia de pessoas com deficiências o acesso ao conhecimento (BRASIL, 2017). Entretanto, o texto condiciona a deficiência da criança à comunicação, organização e acessibilidade aos ambientes escolares. Neste aspecto, a BNCC desconsidera a discriminação histórica em vários contextos destas crianças no ambiente escolar, e ignora quaisquer barreiras inerentes à criança com deficiência, apenas pela implantação de salas de recursos multifuncionais (SRM) nas escolas.

Nestas salas, consideram-se no documento somente os serviços prestados pelo Atendimento Educacional Especializado (AEE), sendo garantia de um sistema educacional inclusivo (BRASIL, 2017). A educação especial deve contemplar o AEE, mas não se restringir unicamente a este recurso. A relevância entre os trabalhos do professor da sala de aula comum e professor da educação especial é notória e necessária, situando a criança na escola, agregando as especificidades contempladas no planejamento curricular e métodos avaliativos escolares (FERREIRA, 2015).

Apesar de mencionar o caráter de transversalidade da educação especial, a BNCC regride nessa perspectiva, associando a educação especial em um apêndice da educação básica, deixando lacunas e equívocos nos métodos propostos inclusivos.

Um trecho do texto que apresenta outra problemática em sua definição:

> “(...) igualmente, requer o compromisso com as crianças com deficiência, reconhecendo a necessidade de práticas pedagógicas inclusivas e de diferenciação curricular, conforme estabelecido na LBI, de 2015.” (BRASIL, 2017)

O primeiro problema relaciona o termo “diferenciação curricular” baseada nas recomendações da Lei Brasileira de Inclusão (LBI), mas de forma errônea, porque tal termo inexiste no texto da referida lei. Ainda, este mesmo termo diferencia as pessoas em razão de sua deficiência, como um ato discriminatório. Na LBI, o termo “adaptação razoável” se difere do primeiro termo, uma vez que, pedagogicamente, a acessibilidade deve garantir o acesso ao

currículo comum a todos, por meio de estratégias, materiais, recursos e serviços que permitam à criança com deficiência participar de todas as atividades escolares junto de seus colegas.

Neste aspecto, esta pesquisa propõe-se ainda a conciliar a pragmática definida no AEE pela BNCC e as soluções tecnológicas irrestritas às salas de recursos, mas sim validadas e funcionais em salas de aulas comuns.

3.3. Necessidades Educativas Especiais (NEE), AEE e o contexto inclusivo escolar

As necessidades educativas especiais (NEE) se relacionam às crianças que apresentam elevada capacidade ou alguma dificuldade de aprendizagem, como impedimentos cognitivos, motores ou sensoriais.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e o Plano Nacional de Educação (PNE), elaborados com base na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), permitem orientar novas estratégias para a educação de crianças com necessidades educativas especiais (BUENO, 1993; BRASIL, 1997). Com isso, no provimento de orientações, apoio e auxílio pedagógico a crianças com NEE, instituiu-se o atendimento educacional especializado (AEE), que objetiva identificar, elaborar, organizar recursos pedagógicos e didáticos de acordo com as necessidades específicas de cada criança durante o aprendizado em sala de aula, e após o período letivo, através de salas de apoio pedagógico especial, como tarefas complementares de auxílio ao aprendizado da criança.

A resolução MEC CNE/CEB nº 04 institui as diretrizes operacionais para o atendimento educacional especializado na educação básica (educação especial). Afirma que o AEE deve ser oferecido no turno inverso da escolarização, prioritariamente nas salas de recursos multifuncionais da própria escola ou em outra escola de ensino regular (CNE/CBE, 199a; BRASIL, 2017).

No Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE), apresentam-se as recomendações de acessibilidade arquitetônica nas escolas, a implantação de salas de recursos multifuncionais e a formação docente ao AEE (BRASIL, 2007).

Ainda, as atividades realizadas no AEE diferenciam-se daquelas na sala de aula comum, mas insubstituíveis à escolaridade, sendo complementares a formação da criança com NEE. Formuladas e desempenhadas nas salas de recursos da referida escola de ensino regular ou em centros de atendimento educacional especializado adjacentes na região da mesma escola. Tais atividades se relacionam ao ensino de linguagens, métodos comunicativos, uso de tecnologias assistivas, computacionais e prototipáveis para estimular a escolaridade do AEE com a proposta pedagógica do ensino comum.

Algumas atividades do AEE:

- → *ensino da linguagem tátil comunicativa Braille*: definição e utilização de métodos e estratégias ao ensino deste sistema tátil de leitura e escrita;
- → *estratégias para autonomia no ambiente escolar*: desenvolvimento de atividades, realizadas (ou não) por recursos de tecnologia assistiva (TA), visando à fruição pedagógica de aprendizagem no ambiente escolar, de forma autônoma;
- → *ensino do uso de recursos ópticos e não ópticos*: ensino das funcionalidades dos recursos ópticos e não ópticos no desenvolvimento de estratégias acessíveis em atividades de leitura e escrita;
- → *estratégias ao desenvolvimento de processos cognitivos*: organização de estratégias que visam ao desenvolvimento da autonomia e à independência da criança diante de diferentes situações no contexto escolar – construção coletiva de saberes;
- → técnicas de orientação e mobilidade: ensino de técnicas e desenvolvimento de atividades na orientação, locomoção e mobilidade no ambiente da criança DV;
- → *ensino da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS)*: desenvolvimento de estratégias pedagógicas na aquisição das estruturas gramaticais e aspectos linguísticos que caracterizam essa língua;
- → *ensino da comunicação alternativa e aumentativa (CAA)*: organização de atividades que ampliem os canais de comunicação às necessidades comunicativas de fala, leitura e escrita dos crianças;
- → *ensino das técnicas de cálculo por TA*: utilização de técnicas de cálculo algébrico ao aprendizado de operações matemáticas por tecnologias assistivas;
- → *ensino da informática acessível*: ensino das funcionalidades e da usabilidade da informática como recurso de acessibilidade à informação e à comunicação;
- → *ensino da língua portuguesa escrita*: estratégias de ensino da língua portuguesa escrita aos usuários de LIBRAS (estrutura, sistema linguístico e funcionamento na leitura e produção de textos);

As *salas de recursos multifuncionais* (SRM) se denominam como ambientes localizados nas escolas de educação básica em que se realiza o AEE. Constituem-se de equipamentos, mobiliários, recursos de acessibilidade e materiais didáticopedagógicos para atender crianças com NEE das escolas públicas de ensino regular. O AEE deve ser realizado por professores com formação em educação especial (MANTOAN *et* al., 2010).

Projeto Político Pedagógico e o AEE

O Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola deve contemplar o atendimento educacional especializado, segundo a proposta das escolas das diferenças, através de um planejamento de objetivos e metas articuladas às demais propostas curriculares da escola comum (MANTOAN *et* al., 2010).

Assim, no PPP, devem ser previstos a organização e recursos ao AEE, para que este integre a gestão democrática da escola: sala de recursos, matrículas da criança no AEE, aquisição e manutenção de equipamentos, indicação formativa de professor ao AEE, convergência de planos pedagógicos entre professores do AEE e professores do ensino regular comum.

O projeto político pedagógico de uma escola considera, no conjunto de suas crianças, professores, gestores e quaisquer funcionário da rede, as necessidades existentes à sua demanda, propondo soluções ao atendimento educacional especializado. A logística de operabilidade do AEE é definida de acordo com as propostas de aprendizado do PPP.

Destarte, mantém-se funcionalmente de acordo com as propostas do PPP e demanda do AEE, as soluções de TA objetivadas nesta pesquisa, uma vez que trata de recursos pedagógicos comunicativos às crianças com NEE segundo as referidas normativas do MEC (BRASIL, 2007; 2009).

A formação docente ao AEE

A formação de professores é base dos objetivos do projeto político pedagógico da escola, sendo a aprendizagem permanente dos professores uma preocupação fundamental. Esta formação deve ser implementada por políticas educacionais da gestão escolar, e devem ser fundamentadas em metodologias ativas de aprendizagem como:

- estudos de casos;
- aprendizagem baseada em problemas (ABP) – *problem based learning (PBL)*;
- aprendizagem baseada em casos (ABC);
- aprendizagem por projetos práticos;
- aprendizagem colaborativa em rede (ACR);

Essas metodologias fomentam a organização produtiva de conhecimento, destacando o aprendiz na proposição de soluções e responsável pela sua aprendizagem na identificação e análise dos problemas (MANTOAN *et* al., 2010). Ainda, superam modelos deterministas de formação, uma vez que se considera as diferenças inerentes de cada criança.

Algumas estatísticas sobre a formação de professores ao atendimento educacional especializado mostram dados favoráveis, sob a perspectiva quantitativa, no censo escolar descritivo sobre educação especial do MEC (MEC/INEP, 2015). Na Figura 3.5 apresenta-se a evolução de número de professores capacitados e qualificados em formação na educação especial – direcionados ao trabalho nas salas de recursos para os serviços de AEE. De 2008 a 2014, o percentual cresceu em 190% (33.691 professores para 97.459).

Figura 3.5: Número de professores com formação na educação especial (MEC/INEP, 2015).

3.4. Deficiências sensoriais (auditiva e visual) no contexto educacional

Neste item são associadas as deficiências sensoriais da audição e visão, suas definições, legislações relacionadas à educação, línguas e linguagens, e alguns dados estatísticos sobre as crianças com deficiência auditiva (DA) e crianças com deficiência visual (DV) no ensino regular da educação básica em classes especiais e em classes comuns.

A deficiência sensorial, cientificamente, se caracteriza pela ausência de funcionamento (pleno ou parcial) de algum dos notórios sentidos humanos. Os déficits mais comumente diagnosticados se relacionam à audição e visão. Assim, a deficiência sensorial abrange não apenas a incapacidade plena do uso de determinado sentido, mas a parcialidade do problema sensorial, adquirido desde o nascimento ou ao longo de seu uso, devido a traumas, acidentes e limitações que não ocorreriam naturalmente (FARRELL, 2009).

Nas Figuras 3.2, 3.3, 3.4 apresentam-se dados estatísticos de matrículas de crianças DA, crianças DV e de crianças DA e DV (múltipla deficiência) na educação básica, ao longo de 11 anos, desde 2003.

O número de matrículas de crianças DA na educação básica (inclui-se a educação infantil) em classes comuns quando amostrado no ano de 2003 era quase 50% inferior ao mesmo número em classes especiais (Figura 3.6). Depois de 11 anos, esta relação se alternou, e o número de matrículas em classes comuns chegou a 5 vezes mais que o número de matrículas em classes especiais. O total naquele ano foi mensurado em 66.617 matrículas.

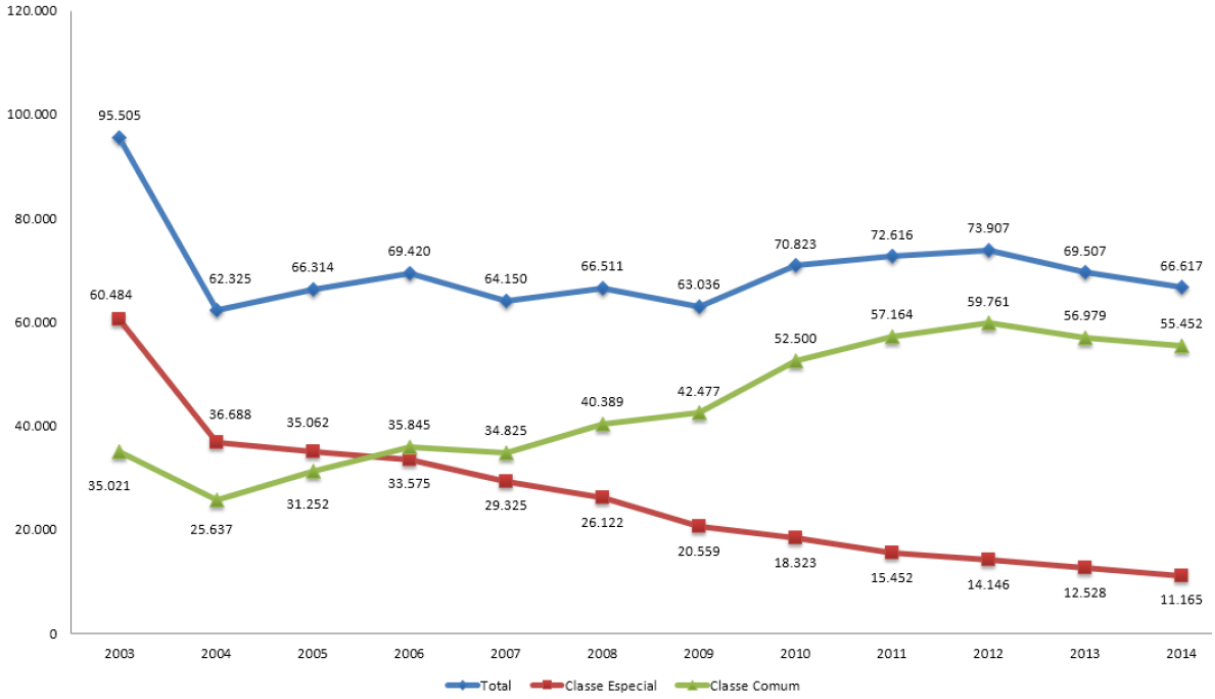


Figura 3.6: Matrículas de crianças DA na educação básica (MEC/INEP, 2015).

Na Figura 3.7, mesmo transcorridos 11 anos de dados, o número de matrículas de crianças DV na educação básica (inclui-se a educação infantil) em classes comuns é superior em 92% sobre o número de matrículas em classes especiais.

Figura 3.7: Matrículas de crianças DV na educação básica (MEC/INEP, 2015).

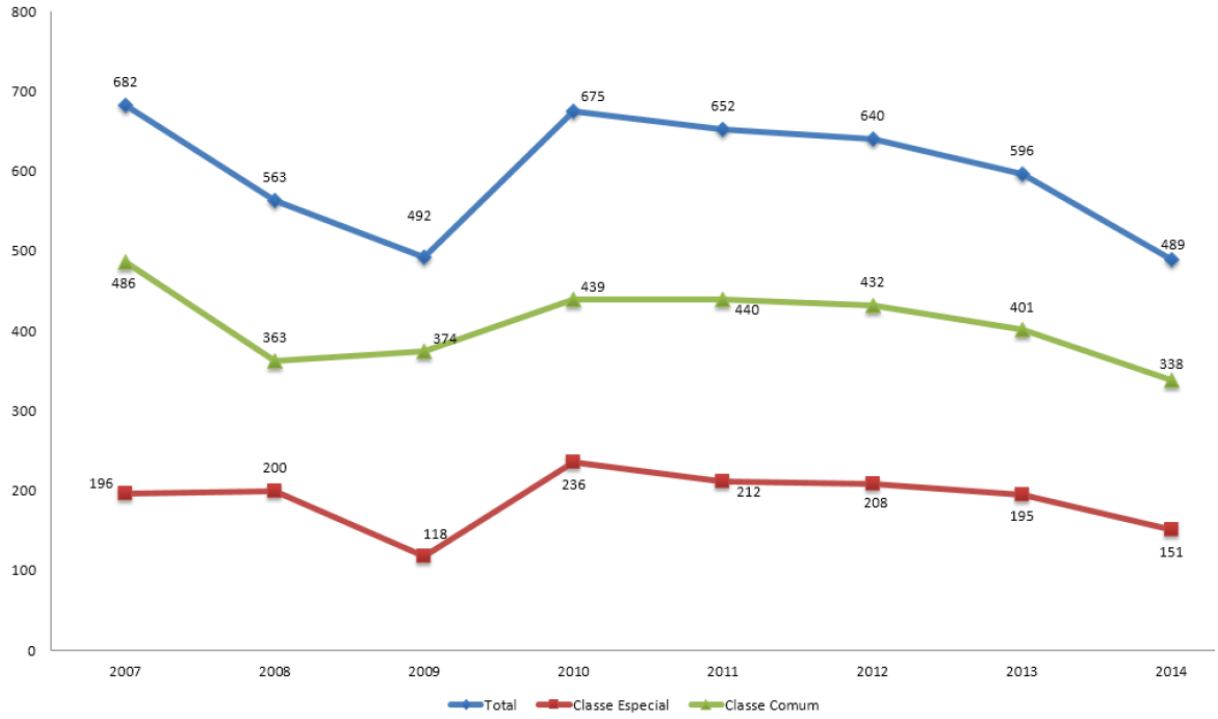


Figura 3.8: Matrículas de crianças DA/DV conjunta na educação básica (MEC/INEP, 2015).

Na Figura 3.8 observa-se uma regularidade nas curvas estatísticas das matrículas de crianças DA/DV (inclusos casos de múltiplas deficiências). Decréscimos ocorreram em ambos os números de matrículas em classes especiais e comuns, mas ainda a vantagem do número de matrículas em classes comuns é de 69% em relação ao de classes especiais (31%).

3.4.1. Deficiência auditiva (DA)

A audição é essencial para a aquisição da linguagem falada, e sua deficiência (prejudicada na formação mesoencefálica – alteração do nível de vigilância) traz muitas limitações para o desenvolvimento do indivíduo. Tem-se a perda parcial ou total da audição, causada por alguma falha genética de nascença ou caracterizada arbitrariamente por incidentes que inviabilizam a operabilidade do canal auditivo interno (REDONDO; CARVALHO/MEC, 2000; ALMEIDA, 2015).

A deficiência auditiva é dividida de acordo com os limiares tonais (em dB – decibéis). Na audição normal, reconhecem-se sons audíveis entre 0 a 15 dB, na deficiência auditiva suave, sons inaudíveis ocorrem abaixo de 25 dB, na DA moderada, abaixo de 55 dB, na DA severa, abaixo de 70 dB, e na DA profunda, abaixo de 90 dB. Assim, a surdez total ocorre acima desses limiares tonais (BRASIL, 1999).

O diagnóstico precoce é fundamental para atendimentos especializados e tratamentos, que envolvem não apenas o indivíduo, mas a família, uma vez que a ausência de audição

interfere diretamente na aquisição da linguagem (QUADROS, 2005; 2010; MANTOAN, 2010; ALMEIDA *et* al., 2015). Esta é emancipada no *aprendizado da fala*, através da audição e do ambiente familiar adequado, o indivíduo ouvinte aprende naturalmente o modelo de sua língua:

- *linguagem receptiva*: a recepção ocorre por intermédio da audição, recebendo a linguagem de seu ambiente linguístico, armazenando as palavras ouvidas.
- *linguagem compreensiva*: associação de palavras-chave, se referindo a determinada pessoa ou objeto (relaciona significante e significado).
- *linguagem expressiva*: expressa palavras significantes de acordo com seu significado.

Métodos para o ensino de crianças surdos e DA

Os métodos educativos à criança DA em fase de socialização precisam se adequar a suas características pessoais. A observação de suas respostas aos primeiros atendimentos escolares e clínicos (indicação de ensino especializados em classes especiais ou classes comuns).

Cada criança DA deve receber atendimento de acordo com sua realidade e suas condições, para uma vivência plena de suas potencialidades. Algumas crianças DA têm possibilidade de desenvolver a linguagem oral, utilizando apenas a fala para se comunicar, mas dependendo de suas características pessoais e de se enfatizar que a criança DA deve ser relacionado integral e inclusivamente no ambiente comum escolar, assume-se o aprendizado de uma língua de sinais, característica a cada região (QUADROS, 2005; 2010).

- *oralismo*: linguagem entre crianças DA e ouvintes, através do uso de técnicas relacionadas ao treinamento auditivo (reconhecimento e discriminação de sons ambientais e da fala – auxiliados pela utilização de próteses auriculares).
- *comunicação total*: enfatiza o desenvolvimento linguístico através de várias formas comunicativas, sendo gestos naturais, português sinalizado, alfabeto datilológico.
- *bilinguismo*: assume a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), sendo a língua inicial, e a segunda língua oficial nacional.

LIBRAS, legislação e contexto educacional a crianças surdos e DA

A Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) é a língua de sinais nacional utilizada pelas pessoas surdas e DA, sendo gestual-visual por integrar parâmetros fundamentais aos sinais (*i.e.*, palavras). A LIBRAS é convencionada como uma língua por instituir uma gramática sistematizada e constituída de regras estruturais, morfologia, sintaxe, semântica, coesão e

coerência (HONORA; FRIZANCO, 2009; 2010; 2011). Os parâmetros aos sinais gestuais-visuais da LIBRAS são:

i) *configuração das mãos*: representação das mãos (inicialmente a primária) no momento inicial do sinal – alguns sinais são representados por ambas as mãos;
ii) *ponto de articulação*: lugar da mão primária configurada para a execução do sinal. Trata-se de alguma parte referencial do corpo, ou num plano neutro vertical (ao lado do corpo), ou plano neutro horizontal (à frente do corpo);
iii) *movimento*: alguns sinais têm movimento (dinâmicos), e outros não (estáticos), que incide na deslocação da mão no plano referencial da execução do sinal;
iv) *orientação (direcionalidade)*: direção do sinal executado;
v) *expressão facial ou corporal*: alguns sinais necessitam de complementos (facial ou corporal) para seu entendimento.

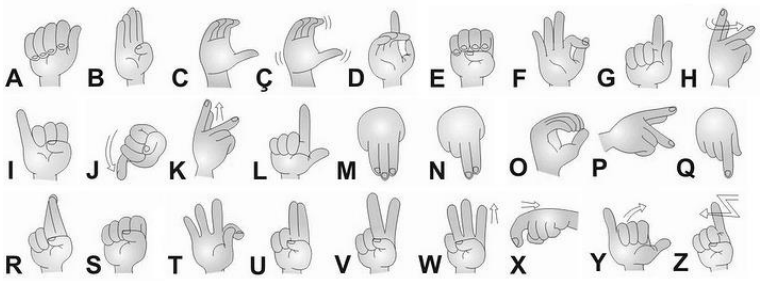


Figura 3.9: Alfabeto LIBRAS (Adaptado de KOLIMA; SEGALA, 2013).

Sendo a LIBRAS uma língua de sinais estruturalmente convencionada, esta consiste no léxico linguístico como a sintaxe (análise de palavras combinadas na formação de estruturas contextualizadas – frases), semântica (significado na linguagem), nível morfológico, sentenças (enunciado organizado a partir de um verbo), paradigma, fonologia, fonemas, classificadores de cenas, processos anafóricos (gramática para referentes presentes e não presentes), desenvolvimento de expressões faciais/corporais, aspectos de datilologia, entre outros (QUADROS, 2005; 2010; 2017).

A legislação que regulamenta oficialmente a LIBRAS no Brasil trata, ao longo de seus 5 artigos, do reconhecimento legal da LIBRAS e outros recursos a ela associados em métodos comunicativos de expressão. A garantia por parte do poder público, em geral difundidos em serviços públicos a formas institucionalizadas a utilização da LIBRAS nas comunidades surdas do Brasil (BRASIL, 2002).

Ainda, para o cumprimento de tal lei, necessita-se de um decreto que a regulamente, para fins de reconhecimento e garantia à educação de crianças surdos e DA (BRASIL, 2005).

No capítulo II do referido decreto, é tratado sobre a inclusão da LIBRAS como disciplina curricular nos cursos de formação de professores; no capítulo III, trata da formação

do professor e instrutor de LIBRAS; no capítulo IV, trata do uso e da difusão da LIBRAS e da língua portuguesa para acesso das pessoas surdas à educação; no capítulo V, trata da formação do tradutor e intérprete de LIBRAS; no capítulo VI, trata da garantia do direito à educação das pessoas surdas e DA (BRASIL, 2005).

No contexto histórico brasileiro, a educação dos surdos teve início durante o segundo império, através das contribuições do educador francês Hernest Huet, e da fundação em 1857, do Instituto Nacional de Educação dos Surdos (INES) por Dom Pedro II no Rio de Janeiro. Outros institutos históricos que fomentaram a educação de surdos: Escola Municipal de Educação Especial *HK* (1951 – SP); Instituto Educacional São Paulo – IESP (1954 – SP, doado a PUC/SP em 1969). Juntamente a estes institutos, tem-se a FENEIS (Federação Nacional de Educação e Integração dos Surdos), fundada em 1987 no Rio de Janeiro, uma instituição de caráter educacional e assistencial sociocultural, que tem por finalidade a defesa de políticas linguísticas e educacionais para a comunidade surda brasileira. Além das políticas nacionais do MEC no âmbito federal, atualmente existe a atuação da Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência (SEDPcD), que responde ao governo do Estado de São Paulo, através de vários programas institucionais, instrutivos e educativos à inclusão de crianças surdos e DA na rede estadual de ensino.

3.4.2. Deficiência visual (DV)

A deficiência visual se caracteriza no intervalo ocular entre a cegueira e a visão subnormal. Esta, se denomina pela alteração da capacidade funcional significativa da acuidade visual, reduções da área de visão e sensibilidade aos contrastes e demais designações (GIL/MEC, 2000).

Entre os limiares deste intervalo ocorrem as patologias, que não necessariamente se referem a deficiências visuais, mas ainda requerem tratamento dedicado. A perda da visão, entretanto, indica uma deficiência neste sentido, sendo congênita ou adquirida, e é classificada quanto à/ao:

- *intensidade*: leve, moderada, severa e cegueira;
- *comprometimento do campo visual*: central, periférico e sem alteração;
- *associação com outras deficiências*: deficiência múltipla (*e.g.*, auditiva);

O impacto da deficiência visual sobre o desenvolvimento psicológico/cognitivo individual e aprendizagem varia entre os indivíduos, depende do tempo observado, do grau de deficiência, das intervenções tentadas e demais fatores.

Quanto a orientação e mobilidade na pessoa na etapa pré-escolar, ao desenvolver a capacidade de socialização, a deficiência visual impede ou retém a capacidade de conhecimento espacial no ambiente inserido, e no relacionamento com outras pessoas. Logo, faz-se necessário um acompanhamento, *a priori*, da família e a continuidade através de recursos pedagógicos na escola (GIL/MEC, 2000).

A deficiência visual na pré-escola e a orientação docente

Muitas crianças com deficiência visual iniciam a frequência escolar por volta dos 3 anos. No Brasil, a inclusão (antes assumida como integração) de crianças DV ainda é recente e se manifestava em ações isoladas e assistemáticas, que em 15 anos atrás era pretendida apenas em salas de aula especiais (MEC/INEP, 2015).

A inclusão escolar é um processo gradual e dinâmico, que assume diferentes formas segundo as necessidades e características de cada criança, além do contexto escolar, mas garantido pelo AEE instituído na rede de ensino regular, como orientado pelo texto do plano nacional de educação especial na perspectiva da educação inclusiva (MEC/SECADI, 2009).

No ambiente escolar, a convivência entre crianças com NEE e crianças sem deficiência implica em adaptações/revisões institucionais, pedagógicas, metodológicas e pessoais. E o ingresso de crianças DV na sala de aula comum sugere uma convivência entre indivíduos inseridos neste contexto (crianças, professores, gestores – deficientes e não deficientes), em que apenas a ausência sensorial da visão indica a diferença referencial perceptiva neste ambiente.

A atuação docente em sala de aula deve reconhecer a criança DV pelo seu contexto integral pessoal, não pela sua deficiência, respeitadas a igualdade de direitos de aprendizado e suas especificidades. Assim sendo, as tecnologias assistivas como recursos didático-pedagógicos trazem auxílio assistencial complementar como agentes mediadores e facilitadores aos objetivos de aprendizado e desenvolvimento cognitivo de crianças DV.

Sistema Braille, legislação e o contexto educacional a crianças cegos e DV

O sistema *Braille*, elaborado e desenvolvido por Luis Braille, consiste numa técnica de leitura/escrita estrutural, com inscrição em relevo explorada de forma tátil. Cada cela (ou célula – disposta em 2 colunas) é formada por um conjunto de 6 pontos (pinos), permitindo 63 combinações distintas necessárias à leitura/escrita: letras do alfabeto (Figura 3.9), sinais de sintaxe e ortografia na construção de frases e palavras, números e símbolos algébricos e

demais notações (GIL/MEC, 2000). Para a escrita usam-se 2 tipos de equipamentos: o conjunto manual de reglete/punção e a máquina de datilografia *Perkins-Braille*.

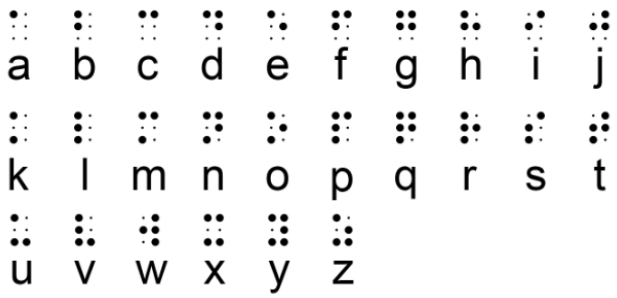


Figura 3.10: Alfabeto *Braille*.

A criança DV adquire o aprendizado da leitura e escrita em *Braille*, segundo o desenvolvimento de sua motricidade (flexibilidade e agilidade nos punhos e desenvolvimento do tato dáctilo), através de aulas oferecidas pelos centros de AEE das escolas de ensino regular. Quanto ao aprendizado da matemática, além dos recursos adaptáveis e baseados no sistema *Braille*, ocorre por meio do ábaco (*soroban*), um equipamento dedicado às operações matemáticas (SONZA *et* al., 2013).

As tecnologias assistivas devem permear as bases destas técnicas/sistemas, para que soluções adaptadas tenham mais efeito na flexibilidade e facilidade de aprendizado.

A legislação que inicialmente regulamenta e oficializa as convenções *Braille* para a escrita/leitura e o código de contrações e abreviaturas, data de 1962, quando do reconhecimento das necessidades comunicativas postuladas e lecionadas pelo instituto IBC, órgão singular de autonomia administrativa limitada, vinculado ao Ministério da Educação (MEC). Centro de referência nacional na deficiência visual, atribui em seus fundamentos do regimento interno a formulação de políticas nacionais nesta área e a garantia de atendimento educacional pedagógico na deficiência visual (IBC/MEC, 2017).

Em 2010, instituiu-se o dia nacional do sistema *Braille*, decretado pela lei n° 12.266, que entre os artigos contidos nesta legislação, revelam-se as orientações informativas sobre a acessibilidade material e novas tecnologias comunicativas, as quais conflitam diretamente com os objetivos desta pesquisa sobre as propostas de soluções em TA, respaldadas pela necessidade da comunicação de e entre crianças DV (BRASIL, 2010b).

Dadas estas legislações e a atuação do IBC/MEC, existem vários documentos, manuais e normas técnicas disponíveis ao acesso geral para estudos-base à necessidade de uma abordagem pedagógica diferenciada que atenda às necessidades educativas especiais na sala de aula inclusiva, como atividades didáticas pelo uso do ábaco (*soroban*) ao aprendizado

matemático, a grafia *Braille* para o ensino da língua portuguesa, normas técnicas para a produção e transcrição de textos em *Braille*, o ensino de *Braille* associado à informática, a estenografia (técnica de abreviatura na escrita) *Braille* para a língua portuguesa, além do suporte técnico-educacional e acadêmico de formação da Comissão Brasileira do *Braille* (CBB) e IBC/MEC. Ainda, a SEDPcD do governo do Estado de São Paulo promove políticas públicas estaduais à efetiva inclusão de crianças cegos e DV nas salas de aula das escolas comuns regulares da rede estadual de ensino.

3.5. Deficiência auditiva e implicações para o ensino e aprendizagem de crianças na etapa pré-operatória da educação infantil

A criança DA adquire sua linguagem ao relacionar sua corrente experiência com a verbalização ou os sinais observáveis em outras pessoas (família, colegas de classe, professores, ...), relacionando o contexto das falas de outros pelas suas experiências e durante a comunicação de forma oral, escrita e por sinais.

Para Piaget, a linguagem deve ser um sistema para representar a realidade, tornando viável e praticável a comunicação entre os indivíduos, a transmissão de informações e a troca de experiências (FERREIRO *et* al., 2009).

Assim, a escola comum ou especializada deve preparar a criança surda e DA para um sociointeracionismo além da classe, com auxílio de instrumentos linguísticos essenciais à sua comunicação, provindas inicialmente pela LIBRAS, fundamental ao processo bilinguístico de aprendizado, em conjunto com a língua portuguesa.

A perspectiva da educação bilíngue de crianças surdas e DA fornece bases significativas ao desenvolvimento infantil, uma vez que se garante o aprendizado inicial, como língua oficial da LIBRAS, seguida pela língua portuguesa (para aspectos necessários ao aprendizado da escrita e oralidade – esta, dependente do grau de deficiência da criança) (QUADROS, 2017).

A aquisição da LIBRAS desde o período pré-operatório favorece as crianças surdas e DA flexibilidade e naturalidade nas estruturas cognitivas para uma interação social ativa, intensificando o desenvolvimento da linguagem.

Professores da sala comum devem conflitar interesses metodológicos na didática-pedagógica com professores da sala de recursos e intérpretes de LIBRAS, para que as tarefas de ensino em sala tenham equivalência na abrangência educacional entre crianças surdas e DA, e crianças sem deficiência.

Como fatores favoráveis ao papel do intérprete de LIBRAS, têm-se o aprendizado facilitado de conteúdo de cada disciplina e segurança entre compreender e ser compreendido; a relação entre ensino/aprendizagem numa sala de aula inclusiva torna-se menos exaustiva e mais produtiva ao professor e às crianças; o professor flexibiliza melhor o tempo de atendimento aos demais crianças (CAPELLI *et* al., 2017).

Como fatores desfavoráveis ao papel do intérprete de LIBRAS, têm-se a distinção de conteúdo entre as formas adotadas por este e pelo professor; a necessidade de formação escolar adequada ao acompanhamento no nível de conteúdo das aulas; a atenção da criança surdo e DA é direcionada apenas ao intérprete e não no professor regente; não existe interação direta com a criança surdo e DA, sendo necessário o planejamento de funções e limites entre o professor regente e o intérprete (CAPELLI *et* al., 2017).

O estímulo ao ensino na educação infantil é necessário desde os primeiros momentos da criança na pré-escola, atendendo as premissas do bilinguismo e quaisquer recursos visuais adequados ao aprendizado desta criança, despertando o interesse pela leitura e escrita através das mesmas histórias da literatura infantil – ideias sobre o uso de imagens, a dramatização e a língua de sinais para facilitar a compreensão. O registro escrito deve ser utilizado pela criança para quaisquer evidências de fala e de sinalização das atividades pedagógicas lecionadas pelo professor.

Quanto a avaliação da aprendizagem, mesmo com as preocupações normativas da legislação da lei de diretrizes e bases da educação nacional, no contexto da escola inclusiva, deve prevalecer a avaliação contínua e cumulativa e formativa sobre os aspectos qualitativos aos quantitativos, descaracterizando a avaliação periódica e classificatória em função das observações diárias (ALMEIDA, 2015; CAPELLI *et* al., 2017).

Como se trata da relação de crianças surdas e DA na avaliação da aprendizagem, a escola deve considerar as suas especificidades, identificar as dificuldades e planejar estratégias que minimizem ou mitiguem déficits técnicos relacionados à língua (e linguagem), e priorizem o aprendizado de conteúdo.

A educação inclusiva deve reconhecer as diferenças de cada criança e caracteriza-las de forma participativa ao contexto ativo nas escolas regulares, proporcionando condições eficientes ao desenvolvimento cognitivo, social e psicológico, ao mesmo tempo que funções de apoio pedagógico auxiliem no aprendizado (GARCIA, 2013; PAGNI, 2017).

A inclusão é gradativa na escola, e dependente da convivência mútua entre crianças com e sem deficiência, professores (regulares, formados em NEE, intérpretes), gestores e familiares, a uma aprendizagem colaborativa.

Existe então, uma necessidade em desconstruir as relações que se constroem no ambiente escolar para questionar realmente qual é a educação, de fato, às crianças com deficiência. Os atores envolvidos nesta abordagem (crianças, professores, gestores, familiares) devem prover soluções conjuntas na garantia de que a escola supere um ambiente de ensino e aprendizagem, tornando-se ainda um lugar de convívio e desenvolvimento social, sem segregar, dissociar e selecionar indivíduos de forma homogênea.

3.6. Deficiência visual e implicações para o ensino e aprendizagem de crianças na etapa pré-operatória da educação infantil

A construção da linguagem é mediada pela qualidade das relações e interações com o meio, vivenciada e experimentada social e culturalmente pelo sujeito. Piaget define a linguagem como o pensamento ativo, uma vez que depende da função semiótica (capacidade de distinguir significado de significante), sendo a construção do sistema de significância que a criança tem de interagir com outras pessoas e objetos, entendo a causalidade entre si e o meio (PIAGET, 1965; 1967; 1969).

Uma criança sem deficiência visual consegue diferenciar significados e significantes pela observação visual, entre as relações que acontecem. Uma criança com deficiência visual (DV) necessita comprovar o que se ouve através da leitura tátil, assim, identificando, entendendo e percebendo o contexto destas relações (GARCIA, 2007).

As expressões significativas e contextualizadas no ambiente escolar proveem as experiências vividas e internalizadas pela criança cego e DV, formando a imagem mental. Quando a criança representa por imagem aquilo que vivenciou estruturalmente de forma tátil e auditiva, surge então, a linguagem construtivista.

O discurso da criança, segundo Piaget, se inicia imitando ações, para que posteriormente, revele as organizações dos eventos e relações, objetos e pessoas, de forma causal.

A relação entre discurso, cognição e interação social, da teoria sociocognitivista na linguagem de Van Dijk (2005) ocorre na semântica do discurso, dos significados relacionados a uma representação mental originária de um modelo, da compreensão da situação, do contexto, responsáveis diretamente pela elaboração do discurso. A linguagem flui e é desenvolvida a partir do que é visto, ouvido, percebido, sentido, narrado, descrito, imaginado, recordado e vivenciado.

Na etapa pré-operatória, familiares e professores devem se atentar à expressão e comunicação por parte de seus filhos (crianças) através de gestos faciais, movimentos

corporais, manuais, como complemento a linguagem verbal. Dessa forma, o contexto das reações e interações na comunicação da criança cega e DV deve considerar a forma como este explora, manipula e tateia os objetos, para rastrear, discriminar e entender seus significados.

A integração sensório-motora e a aprendizagem, ocorre pelo grau de informações que os sentidos usados (auditivo, olfativo, gustativo e tátil) para a comunicação e conhecimento do meio se realizam de forma proprioceptiva. O desenvolvimento da autonomia e independência da criança é viavelmente factível se a aprendizagem significativa considerar a integração sensorial aos conhecimentos obtidos nos ambientes escolar e familiar (PAPIM *et* al., 2017).

Neste contexto, deve-se salientar o uso do lúdico nas atividades pedagógicas, ao aprendizado matemático, artístico, literário e científico. Atividades que relacionam brincadeiras em grupo favorecem a construção e elaboração de objetos/tarefas didáticas em diferentes linguagens representativas, as quais estimulam o conhecimento do meio por parte da criança cego e DV e permitem se expressar de modo mais autônomo (MANTOAN, 2003).

Ainda, modelos pedagógicos de ensino-aprendizagem devem integrar o sistema de linguagem *Braille*, incorporando e adaptando as atividades didáticas como vias de comunicação e acesso à construção do conhecimento. As inferências em *Braille*, como adaptações didático-metodológicas ao ensino se relacionam com outros instrumentos de apoio pedagógico como o *soroban*, para o ensino algébrico, além de livros adaptados, com materiais multissensoriais, texturas e relevos, para que a criança cega e DV disponha de conceitos e reconhecimentos de formas bidimensionais e tridimensionais. Estas representações mentais auxiliam nas atividades cognitivas sobre a própria aprendizagem da criança, elaborando mapas conceituais e desenvolvendo antecipações na resolução de problemas (SONZA *et* al., 2013).

Dessa forma, e considerando as implicações para o ensino e aprendizagem de crianças cegos e DV na etapa pré-operatória da educação infantil, a instituição educativa deve ser ativamente envolvida e participante da construção de um currículo pedagógico flexível e adaptado à realidade das crianças, segundo suas competências, por diferentes tipos de ensino e avaliação (STREIECHEN *et* al., 2017).

A inclusão em sala de aula deve fornecer várias situações de práticas didáticas e pedagógicas a um aprendizado diferenciado, com materiais adaptados e assistivos, de modo a prover alternativas emancipatórias à criança com NEE, relacionando conteúdos convergentes à suas experiências.

Assim, pressupõe-se uma relação ensino-aprendizagem caracterizada pelas especificidades da comunicação, desenvolvimento psicomotor/cognitivo, aliados a um

crescimento pretendido a autoconfiança e autoestima. É considerável que, neste aspecto, o professor motive em sala de aula, o uso de materiais alternativos e adaptados que atenda um projeto pedagógico consonante à aprendizagem da criança com deficiência.

3.7. Tecnologias assistivas e interação comunicativa

Definições, características, técnicas e funcionalidades das tecnologias de informação e comunicação (TIC) são descritos e discutidos neste capítulo, contextualizando as necessidades educativas especiais em crianças DA e crianças DV da educação infantil como soluções em tecnologias assistivas (TA) mediadoras a propostas pedagógicas no ensino da matemática.

Ainda, é pretendida a discussão de como a tecnologia deve facilitar a comunicação no âmbito escolar na perspectiva pedagógica inclusiva e construtivista.

3.7.1. Tecnologias da informação e comunicação e implicações educacionais inclusivas

As tecnologias de informação e comunicação (TIC) apresentam-se como soluções factíveis no âmbito escolar, para a implementação e consolidação de um sistema educacional inclusivo, relacionando seus recursos construtivos ao acesso de informações, conteúdos curriculares e conhecimentos em geral, dedicadas as pessoas que apresentam necessidades educativas especiais (GIROTO *et* al., 2013).

A atuação dos professores, como agentes mediadores na confirmação da educação inclusiva, merece atenção representando uma necessidade na formação para universidades e gestores das instituições educacionais, para um esforço coletivo na compreensão acerca das TICs e sua aplicabilidade no âmbito educacional, desde a formação de professores que atuam neste contexto até os recursos didático-pedagógicos ao uso efetivo em sala de aula na educação de pessoas com deficiência.

Recursos tecnológicos no ensino-aprendizagem tornaram-se ainda mais necessário, uma vez que a aula além de atrativa didaticamente, proporciona às crianças uma forma diferenciada de ensino. Deve-se então, discutir a inserção tecnológica na educação, relacionando crianças DA, crianças DV e crianças sem deficiência, bem como os reflexos que suas implicações têm na aprendizagem destas crianças.

As TICs, neste contexto, consistem nos meios técnicos usados para tratar a informação e auxiliar a forma comunicativa no gerenciamento de dados, como recursos tecnológicos integrados entre si. Esses recursos adequam o contexto e as situações no ensino-aprendizagem às diferenças e necessidades educativas especiais de cada criança. Englobam desde funções adaptadas de *software* em plataformas móveis, aplicações através do uso da *internet*, às

funcionalidades de informática em sistemas embarcados computacionais, sistemas mecatrônicos, robótica pedagógica, e outros meios que associam métodos informacionais e comunicativos (GIROTO *et* al., 2013; SONZA *et* al., 2013).

Através de atividades interativas, a inserção das TICs na escola produz um pensamento crítico criativo no desenvolvimento e na aprendizagem mútua entre crianças e professores, contribuindo na descoberta de novos padrões de relações, proporcionando às crianças a construção de seus saberes a partir da comunicabilidade e interações, e aumenta a pluralidade de conhecimento, uma vez que inexistem limitações geográficas e culturais.

Mas ainda, é necessário saber que a TIC não denota um recurso substitutivo de aprendizagem, mas sim auxiliar/assistencial, que provê a mediação entre educadores e crianças, articulando na aquisição dos saberes escolares.

3.7.2. Processos formativos de ensino-aprendizagem ao docente por TDIC

As informações relacionadas às tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) tratam de soluções e abordagens em ambientes virtuais de ensino-aprendizagem e como aplicam-se pedagogicamente na escola (RABELLO, 2015).

O fomento de um programa de desenvolvimento profissional docente voltado a integração das TDIC às práticas de ensino-aprendizagem numa perspectiva crítica, inovadora e transformadora, deve ser discutido considerando as estimativas dos professores quanto a relevância, a apropriação e a aplicação na prática diária.

Tem-se ainda a necessidade de se medir o impacto e a estrutura de programas de desenvolvimento profissional docente com as características:

- aprendizagem ativa por atividades práticas;
- pedagogia centrada na criança;
- colaboração entre participantes e redes de comunicação com os docentes;
- aprendizagem de acordo com a necessidade do professor e apoio local;

Neste contexto, as TDICs são formadas pelos modelos de desenvolvimento profissional docente, e de utilização pedagógica, como: conhecimento tecnológico, pedagógico e de conteúdo (CTCP), e ciclo de aprendizagem tecnológica (CAT) (RABELLO, 2015).

O modelo CTPC assume que a integração eficaz da tecnologia à educação, envolve três itens, sendo o conteúdo, a pedagogia e a tecnologia, e suas interações.

- *conhecimento de conteúdo (CC);*
- *conhecimento pedagógico (CP);*
- *conhecimento tecnológico (CT);*

A interação sobre a interseção entre CC e CP gera o conhecimento pedagógico de conteúdo (CPC); entre CP e CT gera o conhecimento tecnológico pedagógico (CTP); e entre CC e CT gera o conhecimento tecnológico de conteúdo (CTC); entre todos gera o conhecimento tecnológico, pedagógico e de conteúdo (CTPC).

Assim, o modelo CTPC é a base para o ensino eficaz mediado pela tecnologia, e requer a compreensão da representação de conceitos usando técnicas pedagógicas de forma construtivista para ensinar o conteúdo.

O modelo CAT é voltado ao desenvolvimento profissional de docentes universitários na área pedagógica, e objetiva o auxílio a professores no desenvolvimento de um processo de aprendizagem que resulte na apropriação tecnológica, permitindo as necessidades de desenvolvimento profissional quanto as mudanças em tecnologia e em pedagogia no decorrer do tempo.

3.7.3. Tecnologias assistivas (TA)

Tecnologias assistivas (TA) são definidas como o conjunto de identificações de recursos e serviços que auxiliam na integração e ampliação de habilidades funcionais de pessoas com deficiência e, consequentemente, sua interação ao meio social, através da inclusão (MANTOAN *et* al., 2010). Tratam de soluções aplicadas para minorar os problemas funcionais destas pessoas, como alternativas complementares a comunicação, ao desenvolvimento de habilidades de aprendizado e trabalho, a mobilidade, e controle autônomo de seu ambiente. O conceito é parte denominativa do Comitê de Ajudas Técnicas – CAT, da Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (SEDH/PR) (MEC/SEB, 2009).

Os recursos de TA são organizados ou categorizados de acordo com os objetos funcionais a que se aplicam: auxílios para a prática do cotidiano; comunicação aumentativa e alternativa; auxílio ao aprendizado computacional; sistemas de controle de ambiente; acessibilidade e mobilidade; órteses e próteses; adequação postural; auxílio a ampliação da visão; auxílio a ampliação da audição; auxílio a recursos de aprendizado funcional e alfabetização.

A tecnologia é considerada assistiva no contexto educacional quando as deficiências sensoriais, motoras ou cognitivas são transpostas, e não mais impedem/limitam o acesso à informação e o registro e expressão sobre conhecimentos adquiridos, promovendo assim a participação ativa e autônoma em projetos pedagógicos, a manipulação de objetos de estudo, e a interação direta em sala de aula (PORCARO, 2007).

Desenvolver soluções em tecnologia assistiva, considerando o conhecimento do usuário, de suas demandas e do contexto que a TA deve ser aplicada, colabora para que este usuário usufrua e realmente se aproprie de uma solução que atenda suas necessidades educativas especiais. Nesta perspectiva, o conhecimento da *tecnologia social* auxilia a estabelecer formas de serviços e projetos de desenvolvimento tecnológico nas escolas de ensino regular. A *tecnologia social* é entendida como um conjunto de técnicas e metodologias transformadoras, desenvolvidas e aplicadas na interação entre a população e apropriadas por ela, e que representam soluções para a efetiva inclusão social (MEC/SEB, 2009).

As bases para formulação conceitual de TA adotadas pelo CAT se resumem em:

- eixo de conhecimento e interdisciplinaridade;
- funcionalidade de pessoas com deficiência, visando sua autonomia, independência, e inclusão social;
- composição: recursos, estratégias, métodos, serviços, práticas, processos, produtos;
- considerar os princípios do *desenho universal* e da *tecnologia social*.

Robots como agentes mediadores pedagógicos e sociais

Robótica educacional (pedagógica) é denominada como o ambiente de aprendizagem em que o professor ensina a criança, o planejamento, a prototipagem, a simulação, a montagem/construção, automação, controle de dispositivos mecatrônicos e programação lógica (STEFFEN, 2003).

A interdisciplinaridade é presente, uma vez que neste contexto são envolvidos processos de motivação e colaboração entre os participantes. Sendo o *robot* uma ferramenta de trabalho interativa, a aprendizagem é fundamentalmente uma aquisição de conhecimento social, pela linguagem e relações pessoais. Assim, a robótica educacional agrega o contexto terminológico e aplicacional pela TIC assistencial (tecnologia assistiva interacionista), TDIC (requer uma formação docente ao *ciclo de aprendizagem tecnológica* – CAT), funções adaptadas de *software*, sistemas embarcados computacionais, plataformas móveis e uso da *internet* e sistemas mecatrônicos adaptados.

O uso de *robots* como agentes mediadores pedagógicos da robótica educacional é antigo, desde 1960, quando Saymourt Papert iniciou alguns trabalhos nessa área, ao mesmo tempo que o construcionismo emergia (PAPERT, 2009). O pesquisador identificava facilidades no computador que seriam mais bem trabalhadas como recursos de aprendizagem com crianças das séries iniciais, concebendo assim uma linguagem de programação didática e voltada a estes requisitos.

Nesta linha, a robótica educacional é uma denominação para o conjunto de processos e procedimentos envolvidos em propostas de ensino-aprendizagem, que através de recursos mediadores pedagógicos, consolida-se a construção do conhecimento. Os objetivos da robótica educacional são então, caracterizados pelos desenvolvimentos de:

- autonomia (capacidade de elaboração de projetos, participação em tomadas de decisões coletivas);
- capacidade de trabalho em grupo e empatia;
- projetos com base em diversas áreas (multidisciplinaridade);
- múltiplas soluções para um problema;
- competências da lógica, pensamento matemático, organização e planejamento;
- interdisciplinaridade, com integração de conceitos de contextualizados;

Sob a perspectiva construtivista, o *robot* é um instrumento de transformação que altera materialmente o ambiente, irrestrito a sua condução (uso), e incentivado pela investigação sobre cada ação realizada, que indicam a interiorização de novos sistemas simbólicos. Assim, um *robot* assume a função do objeto, que media as relações motoras e cognitivas com a criança (sujeito), baseado na orientação metodológica e pedagógica adotadas na robótica educacional, como solução em TA, em que esta assume o interacionismo pós construtivismo de aprendizado, tanto como uma ferramenta física, como uma ferramenta simbólica.

4 Teoria social de Jürgen Habermas

Este item trata do conceito de interação comunicativa no ambiente escolar, inserindo a discussão de como as tecnologias podem facilitar a comunicação entre crianças com deficiências distintas – DA e DV, no período pré-operatório infantil, numa perspectiva de aspiração do *agir comunicativo* defendido por Jürgen Habermas.

Falamos em aspiração, pois propõe-se, um entendimento das relações existentes no contexto escolar e do referencial teórico de Habermas de como tecnologias assistivas auxiliariam crianças DA e crianças DV durante a aprendizagem em sala de aula, mas cientes que os processo de interação comunicativa, da forma como referido em Habermas (2005a, 2005b) é possível por e entre adultos. Isto posto, uma vez que requer dos envolvidos posturas e práticas que englobam sistemas de valores, inclusive morais, que não podem ser esperados de crianças e adolescentes. Não é possível responsabilizá-los acerca das garantias de concretização dos pressupostos de uma Ação Comunicativa para se obter Entendimento. Com crianças pequenas podemos aspirar uma Ação Educativa na perspectiva do Agir Comunicativo (LONGHI, 2005; PERALTA, RODRIGUES, 2017).

4.1. Fundamentos da Teoria Crítica

Denominada como Instituto de Pesquisa Social (*Institut für Sozialforschung*), a *Escola* de *Frankfurt*, fundada em 1924, despontou por meio de discurso afirmativo de um novo paradigma representado pela fusão do materiaslimo e a psicanálise, apresentada como *Teoria Crítica* (PERSH, 2010).

Essa escola de pensamento foi anexada à *Goethe-Universität Frankfurt*, de identidade autônoma, e tornou-se conhecida por desenvolver uma teoria crítica da sociedade, através de uma filosofia integrada a aspectos normativos de questões sociais. Inicialmente representada por Walter Benjamin, Max Horkheimer, Herbert Marcuse e Theodor Adorno, tinha uma crítica sobre a arte e condições técnicas por detrás da produção artística, sendo a primeira geração da escola, mantendo-se ainda ao paradigma *sujeito-objeto*. A crítica da razão instrumentalizada, que procura meios para atingir determinados fins, teve como única alternativa, a *dialética negativa* (HABERMAS, 2005a; 2005b).

A segunda geração da escola de *Frankfurt* formou-se pelos pensadores políticos Jürgen Habermas e Karl-Otto Apel. As obras iniciais de Apel estavam voltadas para uma crítica da hermenêutica e do uso pragmático da linguagem (compreensão dos enunciados da língua

como atos de fala), e em 1973, publicou o artigo "*O a priori da comunidade de comunicação*", que tratou das bases de um novo paradigma pragmático da filosofia. Habermas, através das publicações "*Técnica e ciência como ideologia*" e "*Conhecimento e interesse*", ambos de 1968, procurou resolver o problema do conhecimento em uma teoria crítica da sociedade, por clarificação de métodos conceituais tradicionais.

Ambos, todavia, trataram de delinear um novo conceito de racionalidade para a discussão da comunicação, em que o discurso teórico independeria apenas de pressupostos sintáticos e semânticos, mas pelas formulações de ideias intersubjetivas que atendam às condições pragmáticas do discurso prático, sendo válida a mensagem compreendida integralmente pelo seu receptor. Surgia o conceito de *consenso argumentativo*.

Habermas introduzia uma concepção de racionalidade que permitia um processo de emancipação e de formação de uma identidade racional comunicativa sem coações.

> (...) Reformulo o conceito de racionalização dentro de um outro sistema de referência para, a partir desse fundamento, examinar a crítica de Marcuse a Max Weber, bem como a sua tese da dupla função do progresso técnico-científico (enquanto força produtiva e enquanto ideologia) (...) Proponho um esquema de interpretação que pode ser apresentado no quadro de um ensaio sem que, entretanto, nele possa ser seriamente testado quanto à sua utilidade (...) Partirei da distinção fundamental entre trabalho e interação. (HABERMAS, 1968/2015, p.319)

O *agir instrumental* é o *trabalho* (no sentido de desempenho de uma atividade em que domina o exercício de uma certa técnica*)* assim entendido, que se distingue do *agir comunicativo*, uma vez que existe uma diferença entre *trabalho* e *interação*, fazendo da racionalidade instrumental secundária em função da comunicação. Em suas palavras:

> (...) enquanto que a vigência das regras técnicas e das estratégias depende da validade das proposições empiricamente reais ou analiticamente corretas, a vigência das normas sociais é fundamentada exclusivamente na intersubjetividade de um entendimento acerca das intenções e é assegurada pelo reconhecimento universal das obrigações. (HABERMAS, 1968/2015, p.321)

Assim, Habermas propõe uma nova forma de razão, denominada de razão comunicativa, que se trata de um modelo *imanente* (encontrável em contextos concretos dos jogos de linguagem e instituições cotidianas), e *transcendente* (ideia regulativa, na qual deve-se orientar o percurso histórico).

Tabela 4.1: Diferenças entre *agir comunicativo* e *agir instrumental* (Adaptado de GALUPPO, 2003).

Agir comunicativo	*Agir instrumental*
Agir: falar ou atuar com o outro	Agir: atuar apenas sobre o outro
Ações orientadas para (e pelo) entendimento mútuo	Ações orientadas para o êxito
Perspectiva de 1ª pessoa ou agente	Perspectiva de 3ª pessoa ou observador
Razão comunicativa: *agir comunicativo* – entendimento mútuo	Razão instrumental: agir estratégico
Consenso	Adequação de meios a fins

4.2. A teoria do *Agir Comunicativo*

Na primeira parte da obra de Habermas – *Ersten Zwischenbetrachtung* – em que se desenvolve o significado de *agir comunicativo*, o autor explicita que este conceito se relaciona a três temáticas interdependentes: racionalidade comunicativa; contexto sistêmico e contexto vivido; teoria da modernidade (HABERMAS, 1981a).

Ressalta-se nestas três temáticas a substituição e instauração do paradigma de subjetividade ao paradigma de comunicação. Trata-se da rejeição do modelo capitalista compreendido e baseado nas relações produtivas e consumistas, para a base da comunicação, da linguagem. Prioriza-se então a categoria do *agir comunicativo* em detrimento da categoria do trabalho, em que esta, em sua forma abstrata e alienada não mais determina o desenvolvimento da sociedade, porque a abstração do trabalho não penetra em todas as esferas humanas, assim não formata a sociedade em sua função (PERSH, 2010).

A emancipação humana e social independe, ao menos unicamente, do trabalho alienado, assim, deve-se instaurar uma categoria com função intermediadora, pela linguagem procedural e *agir comunicativo*, das temáticas da racionalidade comunicativa, os contextos sistêmico e vivido, e a discussão e resolução de problemas inerentes às crises societárias da modernidade (HABERMAS, 1981a; 1981b).

A linguagem é defendida por Habermas, e priorizada em relação ao trabalho, uma vez que esta perpassa cada etapa vivida, sendo a comunicação entre as pessoas algo inato, inerente à natureza humana. Ainda, fundamenta que na comunicação entre sujeitos, as ideias como racionalidade desempenham a mesma função gramatical em qualquer modelo linguístico.

> As linguagens e vocabulários, no seio dos quais interpretamos as necessidades e explicitamos sentimentos morais, têm que ser porosos uns em relação aos outros; não devem estar enraizados em contextos fechados monadicamente e intransponíveis a partir de dentro de tal forma que aprisionem os sujeitos que neles nasceram e se socializaram.

A linguagem deve ser compreendida no sentido de que a partir dela as pessoas cheguem a entendimentos recíprocos.

> (...) a língua não é uma propriedade privada. Ninguém dispõe exclusivamente do meio comum de compreensão, o qual devemos compartilhar intersubjetivamente. Nenhum participante individual deve controlar a estrutura ou mesmo o desenrolar dos processos de compreensão. (...) no logos da língua, personifica-se um fator do intersubjetivo, que é anterior à subjetividade dos falantes e a sustenta.
>
> (...) O logos da língua mesmo ausente de controle, traz às pessoas os sujeitos capacitados para a linguagem e para a ação, que, por esse meio, nos entendemos uns com os outros.

Sujeitos em si são capacitados para a linguagem, mesmo esta, não sendo uma propriedade privada, porque seu uso implica necessariamente em uma concepção pública de acesso. Assim, a base do *agir comunicativo* é o entendimento entre comunicantes (falantes e ouvintes), ou no caso adaptado e associado às pessoas com deficiência sensorial, mutualmente relacionada às especificidades comunicativas de quem apresenta deficiência visual, mas usa as linguagens táteis e absorção auditiva, e de quem apresenta deficiência auditiva, mas usa as linguagens gestuais-visuais em sua comunicação.

Um processo de comunicação voltado ao entendimento necessita do cooperativismo entre sujeitos capazes de se comunicar (PERSH, 2010). Isso implica em normalizar e legitimar os processos que envolvam ação educativa na perspectiva do *agir comunicativo* entre: crianças DA-DA, crianças DV-DV e crianças DA/ crianças DV, ainda relacionando linguisticamente às crianças sem deficiência.

A *ação educativa* nesse caso, voltada para o entendimento deve sempre ser permeada por motivações racionais, argumentativas e discursivas.

A linguagem assume o papel integral de entendimento entre pessoas, e por meio dela (quando ocorre na perspectiva do *agir comunicativo*) as pessoas reproduzem, renovam, ratificam e internalizam a cultura, os valores humanos e sociais, o contexto vivido. A linguagem voltada ao entendimento abrange o saber cultural, a integração social (entendida neste momento como o início de um ambiente inclusivo em sala de aula), e a convivência social na formação de identidades pessoais – o indivíduo e a sociedade constituem-se reciprocamente (HABERMAS, 1981a; 1981b).

Racionalidade comunicativa

A racionalidade comunicativa apresenta-se como múltipla em suas funções (cognitivas, regulativa e expressivas de linguagem), e em pretensões de validade diversas. A razão

comunicativa científica deve se preocupar com a veracidade e a argumentação justa, se opondo a razão instrumental.

Habermas defende que a racionalidade comunicativa deve se suportar nos procedimentos argumentativos, em que as pretensões de validade se referem à veracidade proposicional, à correção normativa e à autenticidade subjetiva. Neste aspecto, a razão supera o conceito centrado no sujeito metodológico ou no objeto solitário, e inclui o argumento cognitivo e instrumental, o método linguístico e a argumentação discursiva (HABERMAS, 1973; 1980).

O contexto sistêmico e o contexto vivido

A *teoria da modernidade* é parte integrante da *teoria do agir comunicativo*, em que pretende-se conceituar a sociedade associada a perspectiva subjetiva (interna no contexto vivido) à perspectiva objetiva (externa no contexto sistêmico), e que nesta pesquisa apresenta argumentos discursivos sobre as propostas de soluções de tecnologias assistivas como meios facilitadores comunicativos, prioritariamente aos aspectos subjetivos no *contexto vivido* do sujeito, que aos aspectos técnicos objetivados pelo *contexto sistêmico* (HABERMAS, 1985).

Essa teoria procura compreender as transformações das formações societárias durante a aprendizagem. À semelhança da descentração que caracteriza o aprendizado da criança, segundo Piaget, as sociedades teriam a capacidade de aprendizagem, implantando princípios mais eficazes e universais, mediante descentrações necessárias.

O *contexto vivido* refere-se à maneira como os indivíduos vivenciam sua realidade social. Essencialmente, compõe-se da experiência comum aos indivíduos, da língua e cultura relacionadas entre si. Ainda, este contexto apresenta dois aspectos: o aspecto da continuidade intuitiva e o aspecto do questionamento das incertezas (HABERMAS, 1981a; 1981b).

A veracidade afirmada sobre os fatos é permitida pelo *discurso teórico*, buscando elaborar uma nova teoria, baseada em argumentos convincentes e coerentes. No *discurso prático*, busca-se legitimar o questionamento da adequação das normas sociais, no interior argumentativo, validando um novo sistema de normas. Resumidamente, o *contexto vivido* estabelece-se socialmente em que o *agir comunicativo* desenvolve-se no diálogo e argumentação interativa, isento de coação, pela racionalidade comunicativa.

O *contexto sistêmico* contempla o contexto vivido, na perspectiva do observador, externo à sociedade. No interior do sistema, a linguagem é secundária, através do *agir instrumental*, assim, descrevendo as estruturas societárias que asseguram a reprodução material e institucional da sociedade: economia e Estado (HABERMAS, 1981a; 1981b).

Sob a crítica de Habermas, o conceito de sociedade composto por dois contextos, entende-se, portanto, a necessidade de distinguir a modernidade societária (no *contexto sistêmico*) e modernidade cultural (no *contexto vivido*).

- na modernidade societária, tem-se a divisão de dois subsistemas (economia de mercado – relação capital-trabalho; Estado racional legal – sistema jurídico burocraticamente efetiva).
- a modernidade cultural refere-se às transformações ocorridas no interior do subsistema cultural, observados nos processos de diferenciabilidade e autonomia.

Se a modernidade societária prevalece sobre a racionalidade, a autonomia da ciência, da moral e da arte constitui-se central na modernidade cultural. Nessas três temáticas, a racionalidade comunicativa se implementa pelas pretensões de validade, questionadas de forma argumentativa racional.

4.3. A ação educativa na perspectiva do *agir comunicativo*

A linguagem é o elo significativo da comunicação, mediatiza fundamentalmente as relações entre sujeito e objeto, e o *contexto sistêmico* constrói sua própria linguagem, em que o agir instrumental necessita da linguagem natural. crianças e professores devem entender o sentido contida nas comunicações linguísticas, mas que se baseiam apenas em regras técnicas, nada têm em comum com as regras comunicativas de interação.

A linguagem no *contexto vivido* é concebida como condição da comunicação linguística, tanto para agir instrumental quanto para *agir comunicativo*, e ao conceito de entendimento, essencial ao nível formal-linguístico, permite diferenciar o agir orientado pelo entendimento mútuo (racionalidade comunicativa) do agir orientado pela objetificação (racionalidade instrumental) (HABERMAS, 1989; 1991).

Na escola, o conceito de entendimento é necessário ao ser validado, e Habermas reconstróis as formas de racionalidade a essa característica, como os *atos de fala* constatativos (veracidade), os *atos de fala* regulativos (corretivos) e *atos de fala* representativos (validação da veracidade). Além disso, o uso do discurso argumentativo é necessário para a forma reflexiva de comunicação.

A mediação da linguagem constitutiva de sentido e validade investiga: a sintática (relação dos sinais linguísticos entre si), semântica (analisa a relação entre os sinais e o significado) e a pragmática (explicita a relação entre os sinais e os sujeitos). Nessa perspectiva que esta pesquisa está fundamentada, uma vez que as tecnologias assistivas devem facilitar a

comunicação inicialmente no *contexto vivido*, com abrangência *a posteriori* ao *contexto sistêmico* (HABERMAS, 1989; 1991).

Para tal é relevante compreender a competência comunicativa como a capacidade de reconhecer regras, para gerar emissões simbólicas com intenção de entende-las. Um sujeito é competente linguisticamente quando detém a capacidade para seguir e reconhecer o uso correto de uma regra, e obter um consenso fundamentado (reconhecer que a regra tem um significado idêntico validado intersubjetivamente).

> (...) competência no uso de uma regra de modo algum quer se referir somente à intenção comunicativa e de entendê-la; mas se constituí na chave para o problema interno, pois essa capacidade de seguir uma regra permite explicar o que fundamentalmente é identidade de um significado. (HABERMAS, 1987b, p.30)

As identidades de significados simbólicos se referem na medida em que estabelecem uma regularidade convencional. O ouvinte necessita saber a regra para verificar se o falante cumpre ou não tal regra. Nessa interpretação do conceito de regra que Habermas retira a validade intersubjetiva. A identidade do significado de uma regra depende da validade intersubjetiva, uma vez que existe uma conexão sistemática entre a identidade do significado de uma regra e a transparência procedural entre falantes e ouvintes.

O interesse racional emancipador é almejado por Habermas na estrutura da linguagem e no trabalho linguístico, priorizando novos fundamentos normativos para a construção de uma ciência social crítica comunicativa.

Nesse aspecto, a linguagem é essencial a intersubjetividade comunicativa, e o entendimento linguístico é o meio que reflete as interações entre professor e criança. A partir disso é objetivo dessa pesquisa analisar as práticas educativas desenvolvidas dentro da escola, concebida como uma instituição educacional, na perspectiva do *agir comunicativo*. Uma situação escolar pode ser entendida como ambiente educativo racional e os indivíduos envolvidos no processo (crianças/professores) deveriam ser legitimados como emissores de atos linguísticos orientados para o *agir comunicativo*.

Propõe-se então, uma determinada forma de interpretar as funções que a escola deve cumprir na sociedade, orientadas para a aprendizagem e o criticismo. Analisa-se essa problemática sob três aspectos (HABERMAS, 1981a; 1981b; 2005c):

- uma instituição escolar deve priorizar suas funções críticas ao aumento dos níveis de racionalidade das formas sociais e individuais, organizando dinâmicas em torno de critérios da razão crítica (forma da razão comunicativa);

- questionar a tarefa da instituição escolar, assinalando a necessidade de romper com defesas parciais e reducionistas que limitam a compreensão da escola, analisada apenas sob uma perspectiva;
- apresentar metodologicamente o *agir comunicativo* como um referencial normativo escolar, orientada a acrescer a racionalidade na sociedade.

Estes três aspectos devem contextualizar a teoria social crítica na instituição escolar, e de acordo com Habermas, a aprendizagem é produzida a partir da capacidade dos indivíduos de se apropriarem de novos comportamentos incorporados aos conteúdos sociais e culturais (TREVISOL, 2010; MARTINS; MURADO, 2015).

No *agir comunicativo* a relação entre sujeitos necessita se relacionar de forma simétrica, uma vez que estes têm competência linguística para entender e aplicar as regras da linguagem. A assimetria existente entre os indivíduos, resultante de sua interação *a priori*, afirma que o *agir comunicativo* se desprende inicialmente da interação escolar. A relação assimétrica ainda é produzida pela existência de diferenças no nível de desenvolvimento dos indivíduos da *técnica educativa* (HABERMAS, 2005c).

Sobre esses níveis de desenvolvimento, deve-se discutir sua adoção sequencial pelos indivíduos no âmbito escolar. Piaget se refere sobre inteligência, sob a inferência de três condições:

> 1) seja invariável a sucessão de comportamentos, independentemente das alterações que modificam as idades cronológicas médias em função da experiência adquirida e do meio social (como das aptidões individuais); 2) seja definida cada fase por uma estrutura de conjunto, que caracterize todos os comportamentos novos próprios dessa fase; 3) essas estruturas apresentem um processo de integração tal que cada uma delas seja preparada pela precedente e se integre na seguinte. (PIAGET, 1973, p.27-28)

Se considerar critérios rígidos na separação de um nível a outro (*i.e.*, idade) as diferenças nos níveis de desenvolvimento tendem a ser arbitrária e imprecisa. E as ações comunicativas se inserem ao mesmo tempo em várias relações durante os níveis de desenvolvimento.

> *Agir comunicativo* baseia-se num processo cooperativo de interpretação nos quais os participantes se referem simultaneamente a algo no contexto objetivo, no contexto social e no contexto subjetivo mesmo quando em suas manifestações somente se sobressaia tematicamente apenas um destes três componentes. (HABERMAS, 1987b, p.171)

Assim, a ação orientada para o entendimento nestes níveis de desenvolvimento cumpre, no *contexto vivido*, a função de manter e renovar a tradição, de integrar a sociedade e auxiliar na formação da identidade pessoal. Sob o aspecto funcional do entendimento durante os

níveis de desenvolvimento, o *agir comunicativo* auxilia a tradição e a renovação do saber cultural, na integração social e na socialização, que estruturalmente no *contexto vivido* se relacionam à cultura, a sociedade e personalidade (LONGHI, 2005).

A transferência da técnica educativa ao *agir comunicativo* é um deslocamento de perspectiva, que necessita de incrementos em mecanismos de mediação apropriados para que as ações/técnicas educativas (formativas) se tornem mais complexas, alterando suas caraterísticas internas e proporcionando à criança condições para, em tempo futuro, efetivar um *agir comunicativo*.

No *agir comunicativo* a meta é o consenso, enquanto que o entendimento é o meio, instrumento necessário ao consenso. Na técnica educativa a meta é a aprendizagem das regras do *agir comunicativo*, enquanto que o processo educativo/formativo é instrumento orientador na aquisição das regras do *agir comunicativo*.

Assim, é fundamental que na prática educativa diária, a formação se fundamente no agir para o consenso e se oriente pelo entendimento. As tipologias referenciais analíticas que se baseiam o consenso e entendimento dentro da instituição escolar são apresentadas como: ação orientada pelo produto (êxito) – analisa as ações escolares caracterizadas como ação instrumental e ação estratégica; ação orientada pelo processo (entendimento) – analisa as características das ações escolares denominadas de ação comunicativa e ação/técnica educativa (LONGHI, 2005).

Tabela 4.2: Tipologia das ações escolares (Adaptado de LONGHI, 2005).

1. Ação orientada pelo produto (êxito)	1.1 Ação instrumental 1.2 Ação estratégica	
2. Ação orientada pelo processo (entendimento)	2.1 Ação comunicativa	2.1.1 Ato de fala constatativo 2.1.2 Ato regulado por normas 2.1.3 Ato auto expressivo
	2.2 Ação/técnica educativa	2.2.1 Ato de fala constatativo 2.2.2 Ato regulado por normas 2.2.3 Ato auto expressivo

Na ação orientada pelo produto, este é entendido como êxito, sendo que os resultados são relacionados a mudanças produzidas no contexto social e no contexto subjetivo, por causa da natureza social da instituição social. As ações orientadas pelo produto se subdividem em ações orientadas pelo agir instrumental e em ações orientadas pelo agir estratégico.

Na ação orientada pelo processo, o entendimento é subdividido em ações comunicativas (orientadas pelo entendimento racional ao consenso racionalmente motivado), em ações/técnicas educativas (desdobradas segundo a pretensão de validade racional). Ambas se subdividem em uma terceira categoria de atos (ato de fala constatativo, ato regulado por normas, ato auto expressivo) (LONGHI, 2005).

Por se tratarem de crianças no período pré-operatório da educação infantil, faixa entre 3 e 5 anos, ainda com a característica de deficiência sensorial, o ideal do *agir comunicativo* na técnica educativa e orientado pelas tipologias das ações escolares (ações orientadas pelo processo – entendimento), se concretize apenas parcialmente, uma vez que existem pressupostos com os quais, crianças neste período em desenvolvimento cognitivo e limitados sensorialmente durante a aprendizagem na sala de aula comum apresentem restrições validativas ao discurso argumentativo do *agir comunicativo*.

4.4. Técnica e ciência como ideologia

O desenvolvimento técnico-científico sob a perspectiva do *agir comunicativo* procura criticar (não contradizer) a racionalidade instrumental e a ação orientada ao produto. A crítica de Habermas se volta a universalização, a redução do conceito usado para validar a ciência e a tecnologia como ideologia (HABERMAS, 1968; 2015).

A racionalidade instrumental é entendida como critério único de validação, sendo a *práxis* no âmbito da legitimidade do *contexto vivido*, reduzido à técnica. O discurso dessa ideologia tecnocrática é falido, e necessita de uma crítica substancialmente direcionada em como suas implicações devem priorizar o *contexto vivido*, e não somente o *contexto sistêmico*.

Habermas critica a tese segundo a qual a base empírica das ciências seria independente dos padrões que a ciência aplica à experiência, apontando que existem outras formas de experiência e conhecimento que servem de critério diferente das ciências exatas para verificar a cientificidade (HABERMAS, 1968; 2015). Nessa premissa, a pesquisa é uma instituição humana que age e fala entre si, e métodos são estabelecidos a partir do consenso entre a comunidade de pesquisadores por um debate crítico na qual são ativas outras formas de racionalidade que não somente a técnica. Assim, a abordagem teórica apenas se torna o princípio da interpretação subjetiva dos fatos.

Sobre essa discussão, Habermas entende que a ciência deva ser permeada pelas ações orientadas pelo processo, em que o *agir comunicativo* forneça as relações vitais constituídas comunicativamente. A discussão pública sem coações e sem restrições, sobre a adequação dos princípios e normas orientadores da ação, modificaria as instituições além da sua

legitimidade. Habermas então, afirma que uma sociedade cientificada apenas constituir-se-ia como sociedade emancipada, na medida que a ciência e a técnica tivessem uma mediação pela *práxis* argumentativa (HABERMAS, 1968; 2015).

A razão é destituída de sua dimensão mais ampla, se eximindo de seu caráter referencial e crítico, quando é reduzida à racionalidade técnico-científica. A racionalidade defendida por Habermas, deve se referir ao *contexto vivido*, propondo uma perspectiva comunicativa de análise e crítica do entendimento intersubjetivo entre sujeitos. Neste contexto, esta pesquisa pontua de que forma as soluções em tecnologias assistivas deveriam ser desenvolvidas e implementadas, relacionando o discurso argumentativo da ação educativa sob a perspectiva do *agir comunicativo*, em como a comunicação é efetivada em sala de aula, ainda caracterizando como crianças com deficiências sensoriais distintas são submetidas a ela.

5 Metodologia construtivista-crítica de soluções pedagógicas em TA

Sendo esta pesquisa direcionada a parametrizar e validar soluções em TA baseadas em TIC, aplicáveis apenas no *contexto sistêmico*, de forma técnica, e que deveriam atender contextualmente necessidades educativas especiais de crianças com deficiências sensoriais no âmbito escolar comum, para aprendizados generalistas das temáticas estudadas na educação básica, no *contexto vivido*, e legitimar especificações e métodos validativos de características assistivas em dispositivos TA que atendam e auxiliem a comunicação entre crianças com deficiência sensorial (DA e DV) na educação infantil, a proposta se define na alfabetização matemática a partir de uma perspectiva construtivista-crítica.

Assim, a metodologia proposta é definida por uma pesquisa *descritiva-crítica / teórica-documental*, uma vez que relaciona os processos comunicativos fundamentados na teoria do *agir comunicativo* de Jürgen Habermas e da relação entre ensino/desenvolvimento cognitivo sob o construtivismo de Jean Piaget. As pesquisas pela temática *teórica-documental* se fundamentaram sobre:

- aspectos do aprendizado construtivista infantil e o ensino da matemática (alfabetização matemática nas séries iniciais – pré-operatório entre 3 e 5 anos);
- aspectos da educação especial no contexto social (deficiências sensoriais, legislações, necessidades educativas especiais e tecnologias assistivas);
- referenciais e discussões de abordagem crítica sobre a teoria do *agir comunicativo* de Habermas e os efeitos resultantes em sala de aula como comunicação social.

Ainda, nas pesquisas pela temática *descritiva-crítica* de pesquisa, a metodologia se desenvolve:

i) estudos sobre as características de crianças com NEE (DA e DV) na rede municipal de ensino de São José do Rio Preto/SP;
ii) referências técnicas na prototipagem, desenvolvimento e projeto de dispositivos TA, e a interação comunicativa entre crianças DA e DV;
iii) implementação das características estudadas no desenvolvimento de um protótipo referencial em tecnologia assistiva;
iv) análise construtivista-crítica avaliativa de resultados estimados;
v) análise pedagógica-crítica estimativa das soluções educacionais inclusivas.

A necessidade de se estudar características técnicas inerentes às temáticas computacionais de tecnologia da informação (TI) e engenharia para a prototipagem e desenvolvimento de soluções em TA conflita com as necessidades de se especificar a problemática de ensino/aprendizagem de crianças DA e DV no âmbito pedagógico inclusivo.

Tem-se então, uma base interdisciplinar de estudos e referenciais relevantes aos personagens (aluno-aluno; criança-professor; criança-escola) envolvidos na utilização de tais solucões em TA.

O diagrama funcional da metodologia proposta, que relaciona as temáticas da pesquisa teórica-documental e da pesquisa descritiva-crítica, é visto na Figura 5.1.

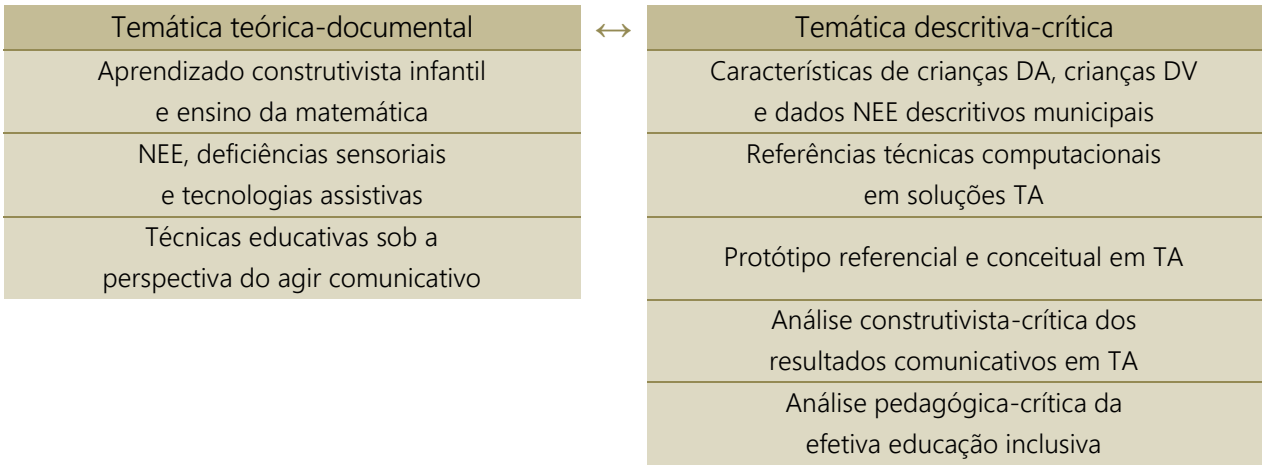


Figura 5.1: Diagrama funcional da metodologia proposta.

5.1. Características de crianças DA e de crianças DV

Crianças com DA submetem-se a vários entraves no envolvimento da educação escolar, decorrentes da perda de audição e da forma que se estruturam as propostas educacionais das escolas. Muitas crianças com deficiência auditiva se prejudicam pela falta de estímulos adequados ao seu desenvolvimento cognitivo, sócio afetivo, linguístico e político-cultural, e através disso, têm perdas consideráveis na aprendizagem.

Crianças com DV, da mesma forma, têm os mesmos entraves pelas suas necessidades educativas especiais, decorrentes de limitações visuais, ignoradas e negligenciadas pela forma em que os conteúdos escolares privilegiam a linguagem, a comunicação e as múltiplas formas expressivas culturais e artísticas, permeadas por simbologias gráficas e imagens visuais.

Entretanto, políticas públicas voltadas a uma emancipação do AEE, estratégias ao uso de recursos pedagógicos na sala de aula comum inclusiva, e planos de estudos formativos aos docentes devem intensificar a maneira que a capacidade representativa relacional dessas crianças deva priorizar o desenvolvimento do pensamento e conhecimento, em ambientes heterogêneos de aprendizagem.

Deve-se defender a cultura, a identidade e a comunidade das pessoas com tais deficiências, apoiando-se no discurso das diferenças, as quais precisam ser entendidas nas suas especificidades, sem de forma excludente, segregar.

Os estímulos para a relação entre as diferenças devem permear as discussões em como atuar com crianças DA e crianças DV em uma escola comum que reconhece e estima essas diferenças, e criar processos curriculares e pedagógicos para atende-las, considerando a escola de acesso aberto e, efetivamente inclusiva.

Nesse sentido, a inclusão de crianças DA e crianças DV deve ocorrer desde a educação infantil até a educação superior, garantindo-lhes utilizar os recursos de que necessitam para superar delimitações no sistema educacional, sendo na escola comum, requer que se investiguem meios para beneficiar sua participação e atuação tanto na sala de aula comum, quando no atendimento educacional especializado (AEE). O aperfeiçoamento da escola comum em favor da igualdade entre crianças DA, crianças DV e crianças sem deficiência é essencial. As crianças DA/DV precisam de ambientes educacionais estimuladores, que instiguem o pensamento, a crítica ao entendimento, e explorem suas capacidades de aprendizagem.

Características de crianças DA e AEE

Gestores e docentes devem se envolver a programas formativos e especializados ao conhecimento da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), mas apenas sua adoção é insuficiente para escolarizar a criança surda e DA. A escola comum precisa implementar ações que tenham sentido pedagógico para as crianças em geral, e que se partilhe com crianças DA.

A aquisição da LIBRAS, de fato, é parcialmente garantia de uma aprendizagem significativa – defendida pelo *bilinguismo*, mas o ambiente escolar em que a criança está inserida deve colaborar de forma primária, ao seu desenvolvimento do pensamento. Sendo a necessidade do desenvolvimento da capacidade representativa e linguística das crianças DA, a escola comum deve viabilizar pedagogias de aprendizado que integrem o turno normal de matrícula e o turno dedicado ao AEE, contemplando o ensino de e em LIBRAS e o ensino da língua portuguesa.

Quanto às tendências subjacentes da educação de crianças DA, o *bilinguismo* visa orientar e formar a criança DA para a utilização de duas línguas no cotidiano escolar e social, a língua de sinais e a língua da comunidade ouvinte.

A língua de sinais é a principal alternativa de comunicação entre crianças DA, mas na escola comum regular, é necessário o domínio de outros saberes, em que as práticas pedagógicas priorizem metodologias ao ensino destas crianças e ao envolvimento social no ambiente escolar.

Nesse contexto, a proposta inclusiva apresentada pelo AEE às crianças DA deve evidenciar e ressaltar o trabalho pedagógico nas escolas comuns em um ambiente bilingue, num espaço escolar que se utilize tanto a LIBRAS quanto a língua portuguesa, e que ainda neste ambiente tenham vivências e convivências pelas práticas pedagógicas inerentes ao plano escolar que estimulem o aprendizado contemplativo, associados ao turno de ensino comum e ao turno de ensino AEE.

No desenvolvimento e na utilização de recursos e soluções em TA, que apresentem, de fato, meios comunicativos facilitadores entre crianças DA/DV, o planejamento do AEE deve ser elaborado e desenvolvido conjuntamente por professores da sala de aula comum, professores de língua portuguesa, professores de LIBRAS e gestores educacionais, para que se inicie pela definição do conteúdo curricular, implicando no estudo e preparo destes assuntos pelos docentes, pela elaboração do plano de ensino, preparativos dos cadernos de estudos dos crianças, nos quais os conteúdos são inter-relacionados.

As soluções em TA envolvem o estudo, *a priori*, de LIBRAS, então no planejamento de aulas nesta língua, deve-se estudar os termos científicos do conteúdo associados a ela, ampliando e aprofundando o vocabulário. Na sequência, professores selecionam e elaboram os recursos didáticos para o AEE em LIBRAS e em língua portuguesa, respeitando as diferenças entre crianças DA e os momentos didático-pedagógicos em que se utilizam.

As observações dos aspectos das crianças DA são objetivadas à sociabilidade, cognição, linguagem (gestual-visual e escrita), afetividade, motricidade, aptidões e interesses. Registram-se as observações em relatórios, contendo os dados coletados ao longo do processo e demais avaliações formativas relativas ao desenvolvimento do desempenho de cada um. Nesta fase, as soluções em TA se baseiam nas implicações escolares registradas de cada criança para direcionar quais características técnicas e social-pedagógicas devem apresentar às normas comunicativas interativas e inclusivas.

Características de crianças DV e AEE

As características de crianças DV devem se associar às estratégias e planos pedagógicos condizentes com as necessidades gerais e específicas destas crianças. Nesse sentido, as peculiaridades inerentes à criança DV (cegos e visão subnormal), são abordadas quanto à metodologias de alfabetização e aprendizagem, relacionando-os na sala de aula comum e no AEE.

crianças DV organizam a informação no processo de apropriação do conhecimento e construção da realidade em um contexto impregnado de padrões de referências e experiências

eminentemente visuais, que os insere em situação de desvantagem. Assim, necessitam de um ambiente estimulador, de mediadores e condições favoráveis ao seu referencial perceptivo individual.

No mais, indiferem de seus colegas de classe sem deficiência visual, uma vez que mantêm as mesmas estimas em aprender, aos interesses, às motivações, às necessidades gerais de cuidados, afetos, limites, convívios e recreação dentre outros aspectos relacionados à formação da identidade e aos métodos de desenvolvimento e aprendizagem. Devem ser tratados em igualdade de direitos, deveres, normas, regulamentos, combinados, disciplina e demais sujeições escolares.

Os sentidos remanescentes funcionam de forma complementar a criança DV, a audição desempenha um papel relevante na seletividade e tradução de sons significativos e úteis, sem atribuir um significado visual; o sistema háptico (linguagem tátil ativa) constitui-se de componentes sinestésicos, em que impressões, sensações e vibrações detectadas pelo indivíduo se reorganizam em sinais interpretados cognitivamente. Cada indivíduo DA na escola desenvolve processos particulares de sinais visuais mentais. Interpretam e assimilam a informação ampliada de acordo com a pluralidade de experiências, a variedade da qualidade de materiais e a simplicidade na forma exploratória que é estimulada e desenvolvida.

Neste sentido, utilizando-se dos sentidos remanescentes, a linguagem, na alfabetização e aprendizagem, amplia o desenvolvimento cognitivo e favorece o relacionamento e meios de controle quando da ausência visual. Trata-se de uma atividade complexa que integra representações comunicativas no meio social inserido. O aprimoramento e a aplicação das linguagens oral e escrita manifestam-se nas acuidades de leitura e escrita.

crianças DV operam nos seguintes meios:

- aqueles que têm significado real para eles a partir de suas experiências;
- aqueles que fazem referência a situações visuais, e utilizam palavras e expressões descontextualizadas, sem significado real e sem experiências diretas (*verbalismo*), e que se prejudicam em relação à aprendizagem e ao desenvolvimento.

Dessa forma, é necessário incentivar o comportamento exploratório, tanto nas salas de aula comum quanto no AEE, a observação experimental para a aquisição de noções e formas perceptivas globais necessárias à análise e síntese durante a aprendizagem.

As práticas pedagógicas prevalecentes visuais devem ser adaptadas por meio de descrição, informação tátil (háptica), auditiva, ou quaisquer referências que favoreçam o cenário e ambiente adequados. Muitas destas práticas devem se utilizar da linguagem *Braille*,

como uma base estratégica de leitura e escrita em meios comunicativos que as soluções em TA se desenvolvem.

Os recursos utilizados no AEE, nessa proposta, devem ser inseridos em situações e vivências cotidianas que estimulem a experiência exploratória e desenvolvimento pleno dos demais sentidos. As soluções em TA necessitam desta mesma base didática, sendo ainda essenciais pela variedade, adequabilidade e qualidade, ao acesso do conhecimento, à comunicação e à aprendizagem significativa.

5.1.1. Núcleo de atendimento educacional especializado (NAEE)

Neste subitem, informações relacionadas ao *núcleo de atendimento educacional especializado* (NAEE) do município de São José do Rio Preto/SP, relacionam-se com as informações da política nacional de educação especial na perspectiva da educação inclusiva, e aos pressupostos metodológicos desta pesquisa, uma vez que é necessário descrever o sistema organizacional, atendimentos, rotinas pedagógicas, ações e implementações, dados estatísticos parcerias, programas de ensino formativos e atribuições gerais que a *gerência de educação especial*, pertencente à Secretaria Municipal de Educação (SME), objetiva e atende aos crianças com deficiência nas escolas comuns regulares de educação infantil do município.

Tais dados são relevantes para um planejamento estratégico e estrutural em como as soluções de TA devem ser estudadas, projetadas e desenvolvidas, respeitando as diferenças e especificidades de cada criança atendido pela *gerência de educação especial*. Como referencial teórico a estas informações, consta o relatório geral recente de 2015 da SME (SME, 2015).

Atribuem-se à educação especial, a proposição, programação e acompanhamento de ações que viabilizem o cumprimento da Política Educacional da Rede Municipal de Ensino, promovendo uma educação efetiva e de qualidade, na perspectiva da educação inclusiva.

Desde 2009, as ações da *gerência de educação especial* são assim descritas:

- articula-se com as demais gerências, departamentos e supervisores de ensino para garantir nas escolas da rede municipal o acesso e a permanência das crianças com deficiência;
- acompanha e avalia a qualidade dos serviços pedagógicos oferecidos pela SME, no âmbito da educação especial, e ao atendimento dos professores de AEE nos núcleos de atendimento;
- elabora, implementa, acompanha e avalia planos, programas e projetos da educação especial desenvolvidos pela SME;
- organiza e executa anualmente o plano de trabalho em parceria com a SECADI (Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão) para

desenvolver o curso de formação de gestores e educadores do programa de educação inclusiva direito a diversidade, com a rede municipal de ensino e outros municípios pertencentes à região de São José do Rio Preto/SP;

- participa do processo de reuniões e formação, implementação e avaliação da política educacional da rede municipal de ensino, assegurando o atendimento a modalidade de educação especial;
- elabora, acompanha e avalia as diretrizes da educação especial na rede municipal de ensino, e participa do processo de acompanhamento, análise e avaliação dos resultados apresentados pelas escolas municipais;
- articula-se com órgãos e instituições que atuam em áreas voltadas a educação especial, visando a troca de informações, ao apoio técnico-pedagógico e a execução de ações em regime de parceria;
- organiza cursos de formação continuada, instrumentalizando os gestores, professores e demais funcionários educadores de apoio a inclusão no atendimento às crianças com deficiência sensorial;
- emite parecer técnico-pedagógico/manifestações para liberação de recursos para entidades conveniadas;
- orienta e acompanha as escolas da rede que recebem os recursos financeiros da verba de acessibilidade do programa *escola acessível* (MEC/SECADI);
- recebe as folhas de observação assistidas das escolas da rede municipal de ensino e junto aos professores de AEE analisam e encaminham às crianças que necessitam de avaliação e atendimento – elabora relatório das atividades desenvolvidas durante o ano letivo;
- organiza horários de estudos e orientações semanalmente para professores do AEE na SME, participa das reuniões mensais do CMPcD (Conselho Municipal da Pessoa com Deficiência) e do GTI (Grupo de Trabalho Intersetorial), e subsidia as escolas no horário de trabalho pedagógico coletivo, quando solicitada, com orientações a professores.

A Tabela 5.1 apresenta dados referentes a quantidade de salas de recursos, professores AEE, crianças com deficiência de acordo com o INEP e atendidos no AEE.

Tabela 5.1: Dados estatísticos municipais de 2009 – 2015.

Ano	n° SR com recursos	n° SRM	n° professores de AEE	n° crianças INEP	n° crianças atendidas no AEE
2009	07	23	19	1408	892
2010	09	23	26	1130	1002
2011	04	36	27	508	929
2012	02	38	32	500	1008
2013	08	38	32	621	1047
2014	05	39	36	608	1058
2015	10	40	39	505	1225

Existem 77 escolas de educação infantil no município, sendo que cada uma oferece às crianças o atendimento educacional especializado. Quando determinada escola não provê uma sala de recurso multifuncional (SRM), as crianças desta escola devem ser atendidas noutra escola da região que provê uma SRM. crianças que estudam num período, têm o AEE em outro período, mas em ocorrência diurna.

Professores do AEE utilizam o período de preparo de materiais para desenvolver um plano de atendimento a criança com deficiência (de acordo com as propostas do PPP – *plano político pedagógico* de cada escola), e para orientar professores da sala de aula regular quanto à adaptação de materiais, recursos e demais atividades pedagógicas que requeiram auxílio do professor especialista. Neste aspecto, as soluções em TA têm a incumbência de relacionar mais tais ações pedagógicas entre a sala de aula regular e a sala de recursos para que durante o ensino-aprendizagem da criança, este tenha flexibilidade de se apoiar didaticamente tanto nos planos de trabalho da sala de recursos quanto em suas adaptações na sala de aula regular.

Ainda, a *gerência de educação especial* tem parcerias com centros e programas da SME voltados ao diagnóstico, encaminhamentos e ações pedagógicas que especificam atendimentos direcionados às características destas crianças (e demais da educação básica). Um deles, pertencente ao CIEEC (Centro Integrado de Educação, Ciências e Cultura), denominado CEDET (Centro de Desenvolvimento de Talentos) objetiva observações contínuas diretas no ambiente escolar, nas inúmeras situações de ações de desempenho em que a criança se envolve, seguida por uma observação assistida, em que a criança apresenta sinais de inteligência geral, inteligência dedicada (a algum assunto de forma mais intensa), pensamento não linear, capacidade verbal, criatividade e capacidade social. Assim, são alocados a projetos laboratoriais que tratam de quaisquer temáticas relacionadas ao âmbito educacional, em ciências naturais, linguagens, matemática, aspectos primários de engenharia, situações-alvo em tecnologias, informática e demais temas incentivadores, complementares ao aprendizado em sala de aula.

Outro centro de atendimento à educação básica pré-modular é denominado como CAEEC (Centro de Atendimento Educacional Especializado), objetiva propostas educacionais voltadas ao trabalho, através de oficinais em aprendizado técnico.

Estas ações e parcerias do NAEE se estabelecem por três resoluções municipais de forma legislativa. A resolução SME n° 007/2008 dispõe sobre a regulamentação dos núcleos de atendimento educacional (NAE), que atendem no período inverso ao escolar, crianças com deficiência. A resolução SME n° 16/2011 dispõe sobre a regulamentação dos núcleos de atendimento educacional especializado (NAEE), que atendem, da mesma forma que a

resolução anterior, crianças com deficiência, mas incrementa ações e capacitações necessárias à formação docente, às salas de recursos e às salas de aula regulares. E a resolução SME n° 01/2015 homologa a deliberação do Conselho Municipal de Educação, que fixa diretrizes envoltas à educação especial na perspectiva da educação inclusiva na rede municipal de educação, referentes a atuação e ampliação do serviço de AEE em centros de atendimento vinculados e em parcerias pela SME/NAEE.

Através destes dados sobre o NAEE, a gerência de educação especial, e informações gerais de suas atribuições e realizações, os planos e propostas no estudo, prototipagem e desenvolvimento de soluções em TA tornam-se praticáveis e implementáveis, respeitando aos materiais e métodos de trabalho que a SME estabelece, mas ao mesmo tempo sendo referências-base em articulações que o AEE nas escolas da rede municipal (salas de aula regulares e salas de recursos multifuncionais) se dirime por falhas pedagógicas inclusivas, numa perspectiva construtivista-crítica metodológica.

5.2. Referências técnicas na prototipagem, desenvolvimento e projeto de dispositivos mecatrônicos/computacionais, e a interação comunicativa entre crianças DA e DV

Neste item, apresentam-se as referências técnicas metodológicas que as soluções em TA devem prover para que alternativas em *software* e sistemas embarcados computacionais tenham desde o plano na problemática comunicativa na deficiência, as etapas de prototipagem, testes e desenvolvimento final.

Tratam-se de temáticas relacionadas às engenharias, aspectos mecatrônicos, computacionais, algorítmicos e matemáticos para a emancipação destas soluções, que devem se relacionar de forma dedicada e direcionada às especificidades comunicativas entre crianças com deficiência sensorial em sala de aula. Cada característica inerente aos níveis de deficiência auditiva e de deficiência visual da criança, se existem multideficiências e limitações motora e cognitiva, contextualizando sua relação escolar em sala de aula com os demais crianças e professores, e sua relação pessoal na família. Este estudo *a priori* é relevante ao diagnóstico inicial e planejamento técnico que as soluções em TA devem apresentar.

Assim, descrevem-se a seguir materiais e métodos que as referências técnicas nas propostas de soluções em TA convergem tanto para a implementação comunicativa de fato, quanto para a viabilidade validativa sob a perspectiva construtivista-crítica.

Partindo das línguas e linguagens primárias em que crianças DA e crianças DV aprendem e utilizam em sala de aula, sendo a Língua Brasileira de Sinais e a linguagem tátil

Braille, modelos computacionais bioinspirados no aprendizado lógico/cognitivo humano e interpretação de sinais são formulados através de técnicas baseadas na inteligência artificial (IA). Sinais gestuais-visuais em LIBRAS devem ser computacionalmente tratados por algoritmos de aquisição, filtragem e segmentação de imagens, e reconhecimento de padrões estatísticos, bem como sinais táteis de leitura/escrita dependerem de sensores dedicados e sistemas microcontrolados para traduzirem e interpretarem as mesmas informações que crianças de mesmas deficiências e de deficiências distintas se comunicam. Dessa forma, as soluções em TA devem prover a plena comunicação entre:

- *aluno DA (emissor) e criança DA (receptor);*
- *aluno DA (emissor) e criança DV (receptor);*
- *aluno DV (emissor) e criança DV (receptor);*
- *aluno DV (emissor) e criança DA (receptor);*
- *aluno DA (emissor) e criança DA-DV (receptor);*
- *aluno DA-DV (emissor) e criança DA (receptor);*
- *aluno DV (emissor) e criança DA-DV (receptor);*
- *aluno DA-DV (emissor) e criança DV (receptor);*
- *aluno DA/aluno DV/aluno DA/DV (emissor) e criança sem deficiência (receptor);*
- *aluno sem deficiência (emissor) e criança DA/aluno DV/aluno DA-DV (receptor);*
- *professor (emissor) e criança DA/aluno DV/aluno DA-DV (receptor);*
- *aluno DA/aluno DV/aluno DA-DV (emissor) e professor (receptor);*

Se uma solução em TA é funcional para a comunicação entre crianças DA, então esta, deve ser caracterizada e desenvolvida segundo as especificidades destas crianças, da mesma forma para a comunicação entre crianças DV, entre crianças DA-DV, e entre crianças DA/DV/DA-DV e crianças sem deficiência. O professor da sala regular juntamente ao professor de NAEE utilizam destas soluções para interagirem de forma mais significativa a quaisquer crianças, independentemente de suas deficiências.

5.2.1. Processamento de imagens

Métodos que caracterizam informações de interesse numa imagem, extraindo e processando apenas regiões-alvo relevantes ao contexto visual da cena. Envolvem as seguintes etapas: aquisição, filtragem e segmentação. Destas etapas, a mais relevante ao processamento de sinais gestuais-visuais em LIBRAS é a segmentação, uma vez que a aquisição é dependente do dispositivo óptico e necessita apenas de alguns tratamentos em modelos gráficos de cores entre RGB, HSV, e em níveis de cinza.

Na segmentação de imagens realizam-se operações de processamento gráfico para separar elementos e regiões de interesse do restante da imagem, e assim extrair informações características ao contexto de cenas relacionadas a expressões linguísticas em LIBRAS.

Assim, os elementos são extraídos pelas descontinuidades das propriedades de *pixels* do restante da cena na imagem, e são particionados em regiões homogêneas com propriedades internas semelhantes ou distintas entre si.

Define-se matematicamente a segmentação de imagens sendo *P()* o critério de homogeneidade definido em determinados *pixels* interconectados. O mesmo critério é particionado em um novo conjunto, ou imagem *R* sobre outros subconjuntos de pixels (R_1, R_2, R_3, ..., R_n), dado pela equação 01.

$$R = \bigcup_{i=1}^{n} R_i \rightarrow R_i \cap R_j = \emptyset, (i \neq j) \quad (01)$$

O critério de homogeneidade $P(R_i)$ será real para todas as regiões e $P(Ri \cap Rj)$ quando existir vizinhança entre R_i e R_j e $i \neq j$. As regiões obtidas através da segmentação devem manter relação condizente com as regiões de interesse ao critério de homogeneidade *P(Ri)*, uma vez que algoritmos de segmentação se diferem na implementação de uma mesma imagem, tampouco um mesmo algoritmo apenas é aplicado a várias imagens adequadamente com os mesmos parâmetros. De acordo com o ambiente de aquisição de imagens, algoritmos diferentes de segmentação são aplicados para prover um resultado similar estimado (EGMONT-PETERSEN *et* al., 2002; FORSYTH; PONCE, 2002; GONZALEZ; WOODS, 2010). Algumas técnicas de segmentação são apresentadas a seguir, mas seus detalhes de implementação com fundamento matemático em trabalhos recentes (LUGLI, 2011; 2016).

Segmentação por detecção de pontos, linhas e bordas: características denotadas por pontos isolados, linhas e bordas, baseado na detecção de mudanças locais abruptas de intensidade, em que *pixels* são extraídos das bordas de uma função imagem, e seus segmentos são conjuntos destes *pixels* convexos. Determina as fronteiras (bordas) das regiões de interesse. Se aplicada em detecção paralela de bordas, considera um conjunto de *pixels* pertencentes a uma borda. Se aplicada em detecção sequencial de bordas, o conjunto de *pixels* pertencentes a uma borda influencia os demais *pixels* vizinhos, sendo implementada por buscas heurísticas de estados.

Segmentação por regiões: Trata da disposição espacial dos *pixels*, cujas manipulações são feitas em cores desuniformes e em texturas, através do crescimento de regiões (seleção de um *pixel* ou pequena região de crescimento de acordo a um critério customizado), divisão de

regiões (partição de regiões não homogêneas em regiões homogêneas com o decréscimo de área dividida) e fusão de regiões (combinação de crescimento e divisão de regiões).

Segmentação por formação de características: Parâmetros espaciais de cores usados para extrair a informação cromática, em que a classe de algoritmos exige que a imagem formada por regiões detenha somente cores uniformes. Aplicados como algoritmos não supervisionados (*k-means* e *fuzzy c-means*), e para algoritmos supervisionados (MLP e *k-nearest neighbors*). A análise destes agrupamentos é realizada através de atributos semelhantes em determinados grupos, então *pixels* de um mesmo grupo recebem o mesmo rótulo, caracterizando-o como um segmento.

5.2.2. Reconhecimento de padrões

Padrão é uma forma básica de arranjo, caracterizado pela ordem dos elementos inerentes nele constituídos (WIENER, 1942; GONZALEZ; WOODS, 2010). Descritores forma o arranjo, referenciados por um conjunto de características, e uma classe de padrões é um agrupamento de padrões que contêm propriedades comuns, indicados por w_1, w_2, ..., w_n, sendo w o número de classes.

Descritores quantitativos identificam objetos na cena, baseado no conteúdo registrado, assim, o reconhecimento categoriza os objetos de relevância pelas suas características *n*-dimensionais (*i.e.*, padrões geométricos, padrões cromáticos, padrões de textura, padrões numéricos, padrões de histogramas, ...).

A estimativa das características que representam os objetos de interesse deve se relacionar como os vetores formados por esta, se dispersam pela quantidade de atributos em determinada região (*e.g.*, sinais em LIBRAS estáticos e em movimento, intensidade de atributos faciais e corporais, ...). Tais estimativas seguem os seguintes estágios:

i. relacionar características distintas entre as classes, evitando ambiguidades;
ii. evitar características correlacionadas, uma vez que são redundantes;
iii. evitar discrepâncias de padrão em objetos pertencentes às mesmas classes;
iv. adotar quantidade mínima de características para a redução do custo associado ao processo de obtenção e classificação das mesmas;
v. relacionar características invariantes, com descritores quantitativos.

Neste contexto, apresentam-se três classificadores cognitivos e estatísticos, como etapas de reconhecimento de padrões baseadas na IA, e enfim, definir se os sinais gestuais-visuais em LIBRAS são plenamente reconhecidos pelos algoritmos implementados e, *a posteriori*, interpretados em sinais táteis em quaisquer dispositivos mecatrônicos embarcados.

Teorema de Bayes

Modelo estatístico clássico aplicado em inferências de dados relacionais que necessitam de alto grau de processamento na discriminação de características. A probabilidade do evento *B* pertencer à classe *A*, em que *P(B)* é definida como a constante normalizadora é dada pela equação 02, de acordo com seu postulado (BAYES; PRICE, 1963).

$$P(A \mid B) = \frac{P(B \mid A)P(A)}{P(B)} \tag{02}$$

Conhecendo a probabilidade *a priori* de *A* ocorrer, e do evento *B* ocorrer para a classe *A*, a razão entre elas denota as probabilidades em todas as classes pretendidas, e a que resultar na maior probabilidade é selecionada. Na probabilidade condicional, o problema na resolução consiste na determinação de *k* (classe de *B*) e do conhecimento prévio de C_i (evento relacionado à classe *i*), $P(C_i)$ (probabilidade da classe C_i ocorrer), $P(B|C_i)$ (probabilidade de *B* ocorrer para a classe C_i) e *k* (número total de classes), para que o problema seja reformulado às demais classes.

A resolução da PDFc depende do número de componentes da mistura (*k*) e seus parâmetros (*q*), que são encontrados através de *maximum-likelihood* (ML) ou através da estimativa *Bayesiana*.

$$k = \arg\max_i \left(P(B \mid C_i)P(C_i) \right), i = 1, 2, ..., K \tag{03}$$

Nos casos em que a probabilidade *a priori* é usada para a estimação de conjuntos de treinamento, o teorema de *Bayes* é reformulado para a função densidade de probabilidade (PDF – *probability density function*), em que $p(y|C_i)$ é a PDF condicional da classe *i*, *y* é um valor escalar ou vetorial, cujas variáveis aleatórias são denominadas de multivariadas com PDF conjunta (PDFc).

$$P(C_i \mid y) = \frac{p(y \mid C_i)P(C_i)}{\sum_{j=1}^{K} p(y \mid C_j)P(C_j)} \tag{04}$$

No classificador *Bayes Ingênuo* (*naive Bayes*), as características são independentes, o que caracteriza uma suposição improvável/incerta. Logo, para cada classe ou conjunto de classes, a PDF denotada pela equação 10, em que $p(y|C_i)$ é a função de densidade marginal condicional, estimada como a PDFc, *n* é o número de características. Como no teorema de *Bayes*, o treinamento e a validação são realizados da mesma forma, mas a PDF admite várias características, já que a PDFc é relacionada com apenas uma dimensão, sendo possível a integração de funções de densidade de probabilidade contínuas e discretas.

$$p(y \mid C_i) = \prod_{j=1}^{n} p(y_j \mid C_i) \tag{05}$$

Redes Neurais Artificiais (RNA)

Neurônios artificiais apresentam dendritos como as informações de entrada, o corpo celular para a função de ativação, que se realizam os cálculos ponderados, e os axônios, que denotam as informações de saída. O estímulo de entrada de informações é representado de forma algébrica por x_1, x_2, ..., x_m, cujos pesos sinápticos são representados por w_{k1}, w_{k2}, ...w_{km}, e que resultam numa soma limiarizada por b_k, responsável pela ativação do neurônio em resposta ao estímulo inicial. Em seguida, a função de ativação $\varphi(.)$ delimita o sinal de saída (axônio) *yk* a um intervalo finito e definido. Tal modelo é equacionado a seguir.

$$y_k = \varphi\left(\sum_{i=1}^{m} w_{ki} x_i + b_k\right) = \sum_{i=1}^{m} w_{ki} x_i \geq \varphi \tag{06}$$

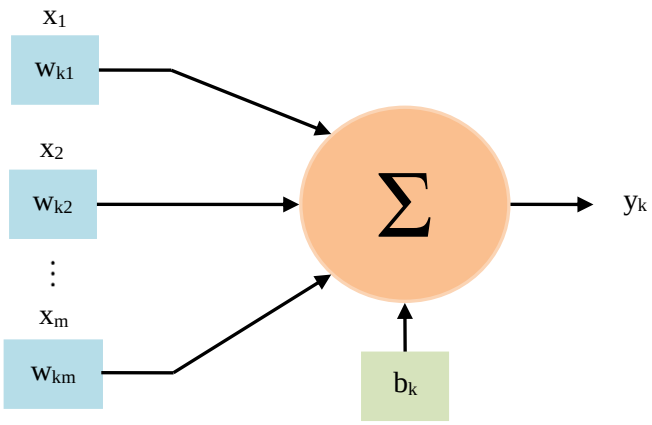


Figura 5.2: Modelo de neurônio artificial McCulloch e Pitts. (Adaptado de LUGLI, 2016)

O modelo MLP (*multilayer perceptron*) de redes neurais é dedicada a problemas matemáticos não-lineares. A sua função de ativação deve ser contínua, não linear e diferenciável em qualquer ponto de convergência no cálculo do gradiente e no ajuste dos pesos sinápticos, para possibilitar a minimização do erro. Tal erro é usado para o ajuste dos parâmetros livres da RNA, a fim de torná-lo mínimo ou tão próximo de zero. Esse ajuste é conhecido como regra Delta generalizada (*Widrow-Hoff*) (NORVIG, 2013). Na equação 07, *e* representa o erro, *k* o neurônio após ajuste de peso e n a medida de tempo discreta.

$$E(n) = \frac{1}{2} e_k^2(n) \tag{07}$$

A regra Delta é generalizada no algoritmo *Backpropagation*, cujo erro da RNA é atribuído no ajuste dos pesos sinápticos da camada de saída (*forward*), e nas demais camadas ajustadas pela propagação inversa (*backward*). Tal ajuste é proporcional ao gradiente da função erro (gradiente de descida). Para esta correção, o algoritmo foi aprimorado em propagação resiliente, *iRPROP* (IGEL, HÜSKEN, 2000). Tal derivação adapta-se a maximização do gradiente de descida, e no ajuste da taxa de treinamento, minimizando as oscilações, tornando robusto e preciso. Além disso, o algoritmo iRPROP apresenta número reduzido de iterações, o que diminui o tempo de convergência.

5.2.3. Materiais propostos para a implementação de sistemas mecatrônicos embarcados

Neste subitem apresentam-se materiais propostos que seriam usados na prototipagem e desenvolvimento de soluções em TA, uma vez especificadas as características comunicativas de crianças DA/DV e suas necessidades de aprendizagem. Tais materiais se sujeitam a adequações e adaptações dos protótipos, de acordo com o contexto necessário de comunicação e ensino em sala de aula.

- *Computador RPi modelo 3, RPiCAM:*

O computador é baseado em um *system on a chip* (SoC) BCM2835, que inclui um processador ARM1176JZF-S de 700 MHz. Conexões permitidas através do barramento GPIO (40 pinos de I/O), UART, SPI e I^2C e tensões de 5V, 3,3V e 0V.

- Câmeras RGB de alta resolução:

Câmera Ximea *xiQ* USB 3.0, modelo MQ013CG-E2, de sensibilidade sensorial por matriz CMOS e resolução de 1,3M 1280x1024 *pixels*, taxa de aquisição de imagens em 60 quadros/s, conjunto de lentes CS.

Câmera CCD GigE Basler piA1600 35gm/gc e piA2400 17gm/gc, com resolução de 5MP cromática VGA, comunicação via *GigE*, sensor CCD, resolução espacial de 1608x1208 e 2448x2050 *pixels*.

- Câmeras térmicas/IR:

Termovisor óptico FLIR E50, com sensibilidade térmica do sensor de 0,05ºC em um intervalo de temperatura entre -20ºC à 650ºC (-4°F à 1202°F), gerando imagens em resolução espacial de 240x180. Ainda, a câmera apresenta correção de janela IR para compensação da perda de transmissividade; identificador de pontos médios quentes; correção mediana de temperatura refletida, temperatura ambiente, umidade relativa, distância e transmissividade IR; distância mínima de foco em 0,4m manual; campo de visão em 25° x 19°; fusão térmica.

Ainda, as plataformas propostas desde a prototipagem e desenvolvimento de algoritmos e técnicas computacionais utilizam linguagens de programação em *C++/C#*/*OpenCV*, *Python* e bibliotecas de processamento de imagens *numpy, pymorph, ipython, matplotlib,* e ambientes de testes validativos em MATLAB.

5.3. Implementação das características estudadas no desenvolvimento de um protótipo referencial em tecnologia assistiva

Neste item, de acordo com os materiais e métodos apresentados no item anterior, é descrito um modelo conceitual computacional comunicativo desenvolvido no ambiente MATLAB (Mathworks, 2017), entre sinais gestuais-visuais (DA) e sinais sonoros/táteis (DV), para generalizar procedimentos metodológicos que soluções em TA devem auxiliar no ensino da matemática, preservando o contexto inerente dos métodos linguísticos interativos propostos (LIBRAS, linguagem tátil, ...) entre as crianças envolvidas.

Assim, inicialmente, são descritos aspectos e atributos inerentes ao desenvolvimento de protótipos virtuais concebidos estruturalmente pela engenharia de *software*, que rege os métodos de concepção, prototipagem, desenvolvimento, testes e documentação associados em um determinado *software* (PRESSMAN; MAXIM, 2017).

Algumas das principais metas no desenvolvimento de um software são: a diminuição de custos (algo relevante para demandas extensas – salas de recursos multifuncionais $\rightarrow$ salas de aula regulares $\rightarrow$ escolas); qualidade confiável (design/visual e concepção do *software* que envolve usuários diversos, como crianças com necessidades educativas especiais, precisam ser associados e dedicados à este público); atender às expectativas iniciais (neste caso, clientes são alunos em uma faixa etária que necessita observações, manuseios, experimentações e práticas diretamente relacionadas com os objetivos do software – comunicação entre crianças com NEE, crianças sem deficiências, professores, ...).

A engenharia de software (ES) utiliza aspectos multidisciplinares e sua meta é a qualidade final do produto. A base da ES consiste de:

- *processo*: define uma metodologia que dever ser usada no desenvolvimento do software. Base para gerenciar o projeto;
- *métodos*: fornecem informações técnicas para desenvolvimento do projeto (modos de comunicação – nesse caso, as adequações entre línguas/linguagens diferentes como a LIBRAS e *Braille*; análise de requisitos para as línguas/linguagens e canais de comunicação);
- *ferramentas*: responsáveis por fornecer suporte automatizado ao processo e métodos;

Ainda, alguns atributos que indicam a qualidade num software se estendem pela facilidade de manutenção (aprimorar de acordo com as necessidades do cliente – crianças), a confiança no uso, a eficiência (tarefas desempenhadas em menor tempo e em recursos dinâmicos), usabilidade (adequações e suporte a sistemas distintos) (PRESSMAN; MAXIM, 2017).

Uma das ferramentas para automatizar processos subjetivos no desenvolvimento de um software, é denominada de CASE (*Computer-Aided Software Engineering*), uma vez que trata de diferentes atividades no processo de *software*, pela definição das funcionalidades e das restrições sobre suas operações, a produção do *software* que atenda às especificações solicitadas, a validação de uso e aprimoramentos necessários. E se tratando de modelos de processo de *software*, tem-se uma representação abstrata da concepção deste, sob uma determinada perspectiva e são divididos por: modelo cascata, ES baseada em componentes, e iterativos. A necessidade de se utilizar um modelo de processo de software é porque padroniza seu desenvolvimento, através dos requisitos, projeto, implementação, integração e manutenção (PRESSMAN; MAXIM, 2017).

Baseada nessas informações sobre as etapas de desenvolvimento de *softwares*, são descritos a seguir os métodos de aquisição de imagens, segmentação, reconhecimento de padrões, transferência de dados entre línguas/linguagens distintas no MATLAB, e ainda as sugestões de design e prototipagem relacionada aos requisitos de engenharia de *software* na concepção visual (IDE – *integrated development environment* – ambiente de desenvolvimento integrado) a uma proposta de protótipo generalista de um software para comunicação entre crianças com deficiências sensoriais distintas (uma criança com deficiência auditiva em LIBRAS se comunicando com uma criança com deficiência visual em *Braille*).

Inicialmente, as imagens representativas de sinais em LIBRAS (por uma criança DA) são adquiridas através de câmeras dedicadas ao sistema computacional (sensores CMOS/RGB e multiespectrais) interligadas ao ambiente de desenvolvimento MATLAB (*Mathworks*). Ainda neste ambiente, as duas etapas descritas no diagrama funcional (processamento de imagens / reconhecimento de padrões) são implementadas. Técnicas de filtragens e segmentação de imagens aplicadas na identificação visual das regiões/segmentos (separar objetos da imagem, agregar regiões de movimento ou estáticas), normalização de características aos classificadores cognitivos e estatísticos para reconhecimento de padrões dos sinais (alfabeto, números, datilologia, palavras, frases contextualizadas, ...). Em seguida, tem-se a transferência serial de dados ao sistema embarcado computacional, em que sinais em LIBRAS são traduzidos implementados em *Braille*, assim permitindo a leitura (por uma

criança DV). Sendo este um protótipo conceitual, o *software* implementado representa tanto a parte lógica (implementação em LIBRAS), quando a parte mecatrônica (implementação em *Braille*).

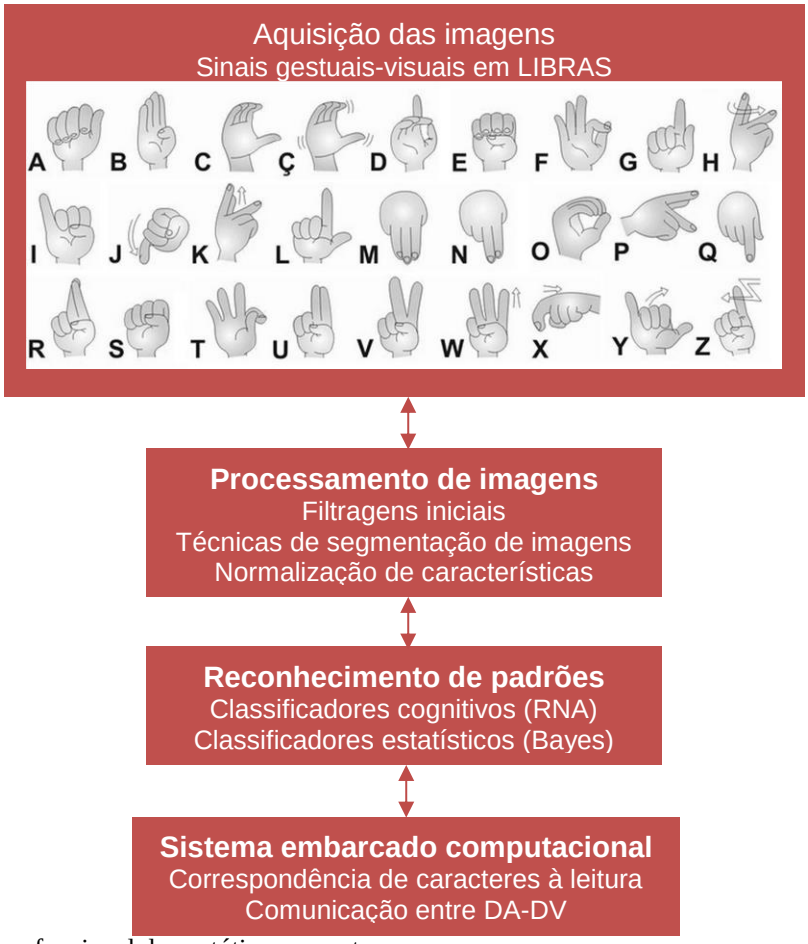


Figura 5.3: Diagrama funcional do protótipo proposto.

5.3.1. Aquisição das imagens e bases de dados

As imagens adquiridas devem relacionar alguns aspectos que permitem identificações dos sinais gestuais sem irregularidades características do ambiente, tais como incidência luminosa, distinção de textura em objetos atrás da imagem, orientação manual na geometria admissível da cena.

A base de dados é composta por 2 conjuntos distintos de imagens, de características intrínsecas aos aspectos geométricos, de textura e cor, representando as letras do alfabeto. Têm resolução cromática de 24-bits e resolução espacial de 3072 x 2304 *pixels*, armazenadas em arquivo do tipo JPEG/JPG, adquiridas em RGB. São relacionadas 5 imagens de cada conjunto (letras A, B, C, D, E). Observa-se que durante a aquisição dos sinais em LIBRAS, é recomendável manter um ambiente de cena sem ruídos de outras regiões atrás do segmento de

interesse, que independente da cena, apenas sinais gestuais e expressões faciais/corporais sejam segmentados, diferente de um ambiente escolar.

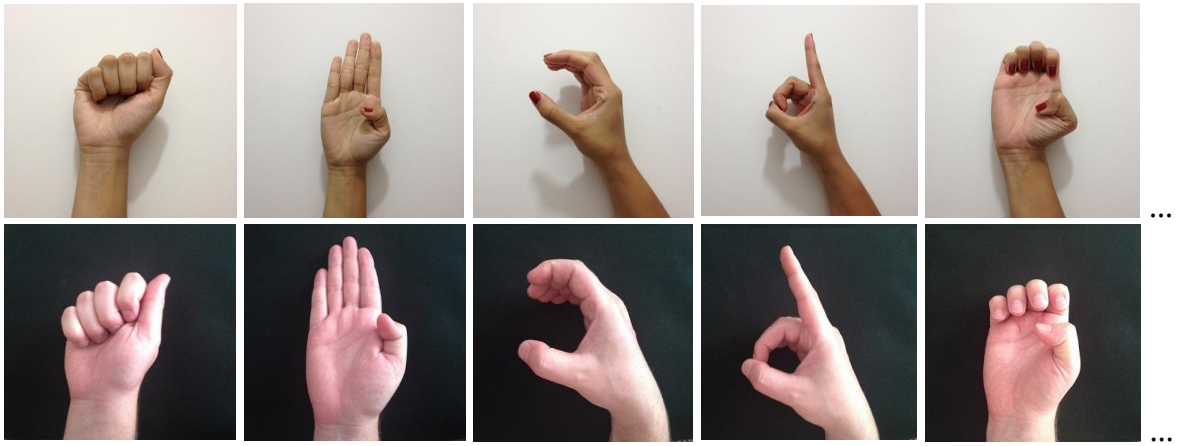


Figura 5.4: Letras A, B, C, D, E dos 2 conjuntos da base de dados, representando a aquisição em RGB.

Tem-se, no início, a aquisição das imagens em RGB (coloridas), e a segmentação inicial por técnicas de detecção e bordas dos sinais gestuais-visuais em LIBRAS, seguida da extração linear das regiões de contorno de cada sinal.

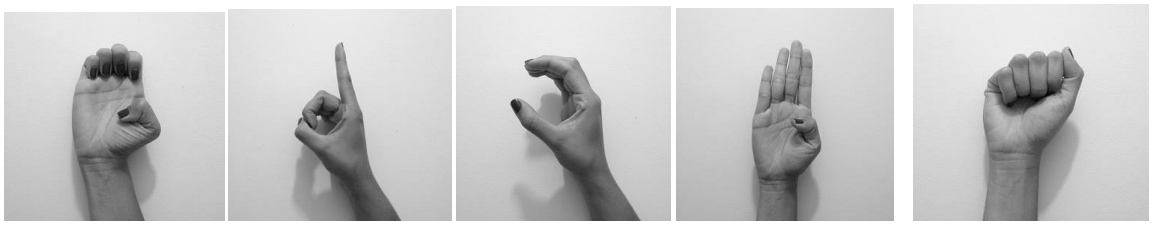
Na filtragem, as imagens são pré-processadas, destacando a redução de dimensionalidade e transformação da paleta de cores (RGB para HSV).

Sendo a nova imagem redimensionada, deve-se analisar qual sistema de cores atende às premissas de processamento em cenas naturais, sujeitas à variação de intensidade luminosa, reflexão e distinção de texturas. O sistema de cores HSV adéqua-se a esta aplicação, uma vez que os canais S e V (saturação/valor) separam as informações cromáticas relevantes à discriminação dos padrões de segmentos estimados destes ruídos. As imagens em RGB são transformadas ao sistema de cores HSV, as operações em níveis de cinza pós transformações.

$$H = \tan^{-1}\left(\frac{\sqrt{3}(G-B)}{(R-G)(R-B)}\right) \quad (08)$$

$$V = \frac{(R+G+B)}{3} \quad (09)$$

$$S = 1 - \frac{\min(R,G,B)}{l} \quad (10)$$



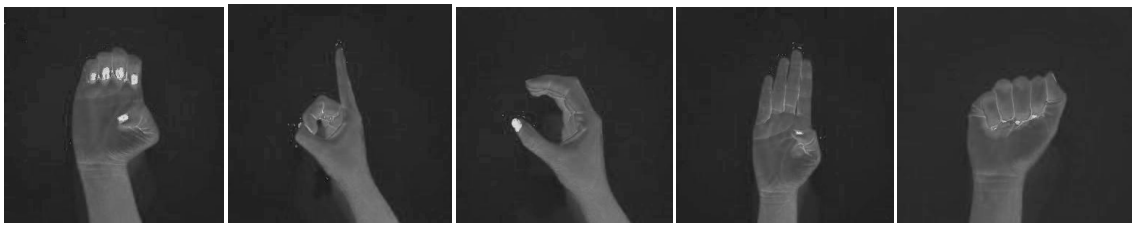


Figura 5.5: Letras A, B, C, D, E do conjunto 1 em níveis de cinza para RGB e HSV.

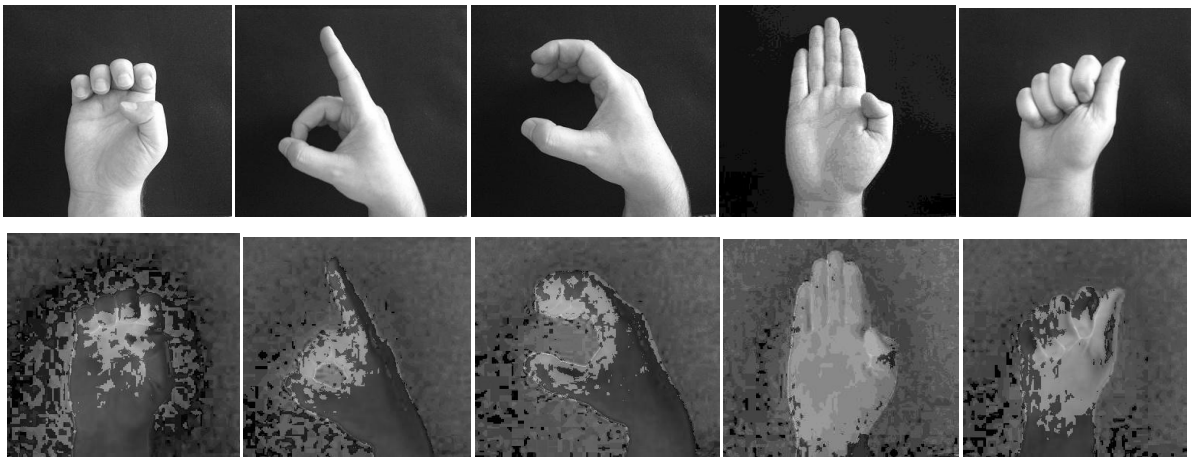


Figura 5.6: Letras A, B, C, D, E do conjunto 2 em níveis de cinza para RGB e HSV.

5.3.2. Etapa de segmentação de imagens

A etapa de segmentação de imagens trata da separação da imagem estimada em regiões pretendidas de acordo com o conteúdo, caracterizando sua homogeneidade. Neste trabalho são aplicadas duas técnicas de segmentação por área de contorno e detecção de bordas (*canny* e *sobel*) (LUGLI, 2011; 2016). Ambas usam a relação de magnitude e direção do gradiente de contorno que verifica a quebra de homogeneidade entre *pixels* para uma dada região, mas com atributos distintos.

As técnicas de detecção de bordas detectam descontinuidades de intensidade, na análise local de cada região (similaridade), verificando agrupamentos de 3x3 ou 5x5 de uma coordenada de *pixel*, em uma imagem gradiente. As regiões similares são unidas formando uma fronteira de *pixels* que tenham propriedades comuns. As propriedades usadas para a similaridade do *pixel* são:

- magnitude do gradiente (T é um valor de limiar):

$$|G[f(x,y)] - G[f(x_1,y_1)]| \leq T \tag{11}$$

- direção do gradiente (A é um ângulo de limiar):

$$|a(x,y) - a(x_1,y_1)| < A \tag{12}$$

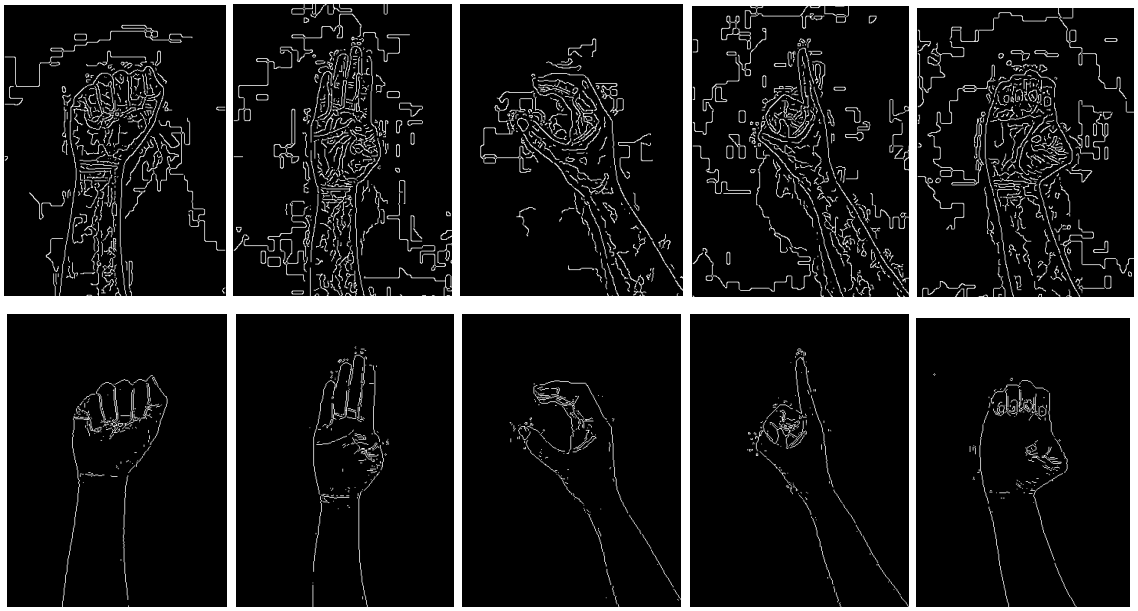


Figura 5.7: Resultados da segmentação por *canny* e *sobel* no conjunto de imagens 01 da base de dados.

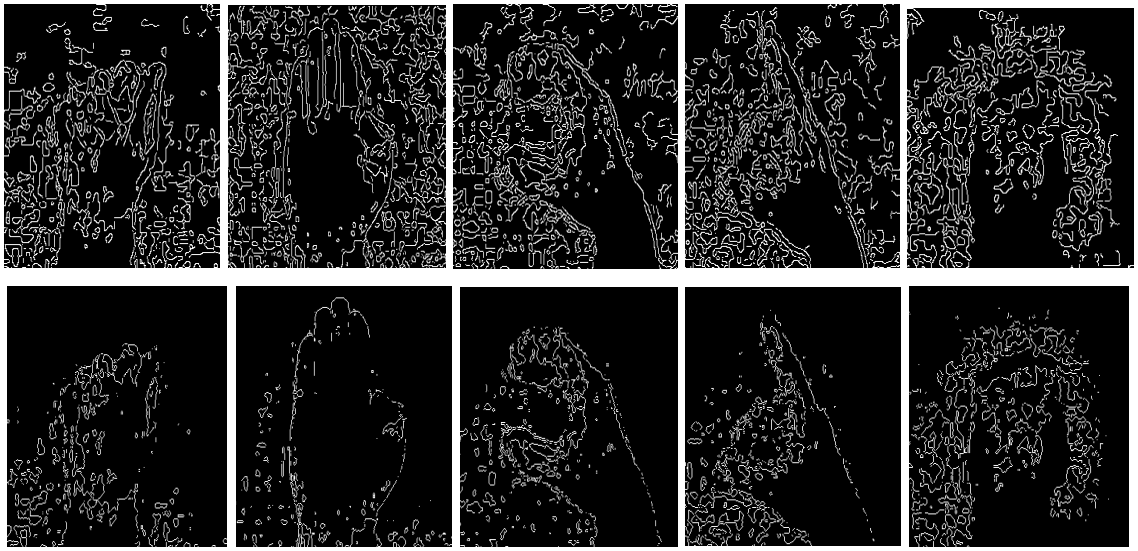


Figura 5.8: Resultados da segmentação por *canny* e *sobel* no conjunto de imagens 02 da base de dados.

5.3.3. Reconhecimento de padrões e classificadores cognitivos e estatísticos

Antes de se implementar classificadores cognitivos e estatísticos por RNA e Bayes, a extração e normalização de características das imagens segmentadas devem apresentar dados (leituras numéricas matriciais) que facilitem ao sistema embarcado computacional realizar as transferências e traduções relacionais entre LIBRAS e *Braille*.

Para tal, usou-se o método SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*), que trata de conjuntos de descritores locais de uma imagem invariantes à escala, translação e rotação bidimensional (LOWE, 1999).

A aplicação de baseia na função DoG (*Difference of Gaussian*), em que o espaço de escalas (L) é definido como a convolução de I(x,y) por G(x,y,σ):

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma).I(x, y) \tag{13}$$

E os *keypoints* são detectados pela função DoG:

$$D(x, y, \sigma) = \big(G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)\big).I(x, y) = L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma) \tag{14}$$

O algoritmo implementado ao caso de detecção de sinais gesto-visuais é assim descrito. Inicialmente a base de dados é construída com grupos diferentes de imagens do alfabeto manual. Em seguida, são inicializados os parâmetros que usam os vetores de características para a classificação de cada sinal (RNA). Logo é feita a aquisição da imagem, e as etapas anteriores de pré-processamento e segmentação são aplicadas. Os parâmetros da correspondência de *keypoints* no algoritmo SIFT são denominados:

- *Razão de distância de correspondência: 0,65;*
- *Limiar de comparação: 0,035;*
- *Incremento da razão de distância: 0,05;*
- *Decremento da razão de distância: 0,005;*

Demais parâmetros como a inclusão da base de dados relacionada, o máximo de iterações, e a tradução do sinal para código ASCII são realizadas durante a implementação do algoritmo. A relação dos *keypoints* do conjunto de treinamento dos 2 conjuntos interpolados é dada a seguir:

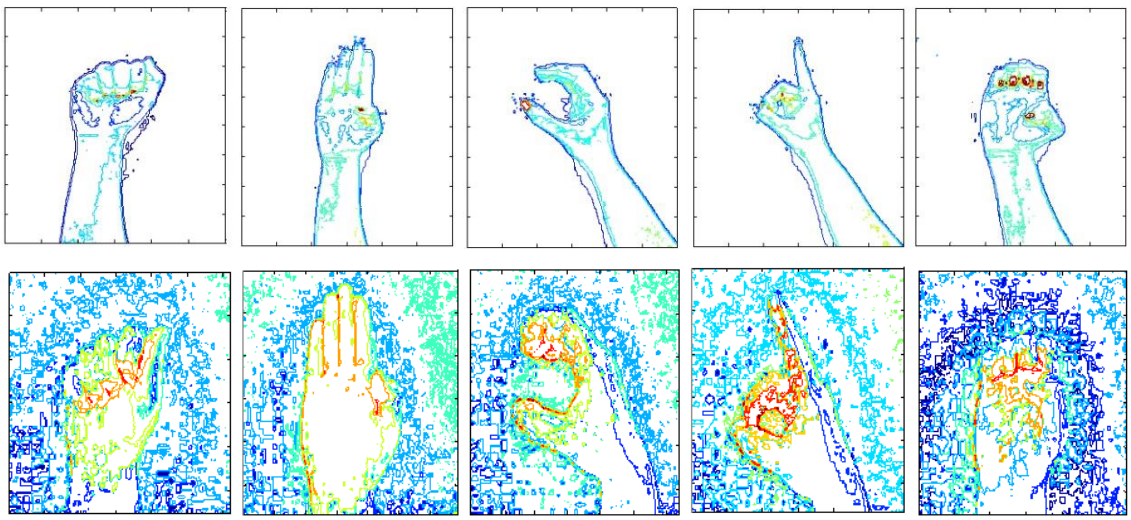


Figura 5.9: Relação de *keypoints* e interpolação de segmentos nos 2 conjuntos de imagens.

A classificação em RNA/Bayes atende pelas seguintes especificações: cada topologia apresenta uma camada de entrada contendo *n* dimensões relativa aos vetores de características pré-determinados, camada escondida de 20 neurônios, e camada de saída com três neurônios (1-vetor de correspondência alfabética; 2-vetor de dados indeciso; 3-vetor de dados inexistente), no espaço de cores RGB e HSV, totalizando 70 tipos de RNA (*topologia x sistema de cor x conjunto de treinamento*). O número máximo de iterações (épocas) em 10.000 ou erro quadrático médio inferior a 10^{-6}. Pesos sinápticos iniciados com valores aleatórios, e as funções de ativação são sigmóide e tangente hiperbólica $e^{(-2n)}$. Implementaram-se as topologias através da *toolbox* de redes neurais artificiais (ANN) do MATLAB, em que dados de entrada e testes são relacionados como matrizes de características. Cada linha desta matriz corresponde aos elementos ou características e cada coluna corresponde às amostras ou dimensões, definida pelos cálculos relacionais de *keypoints* interpolados.

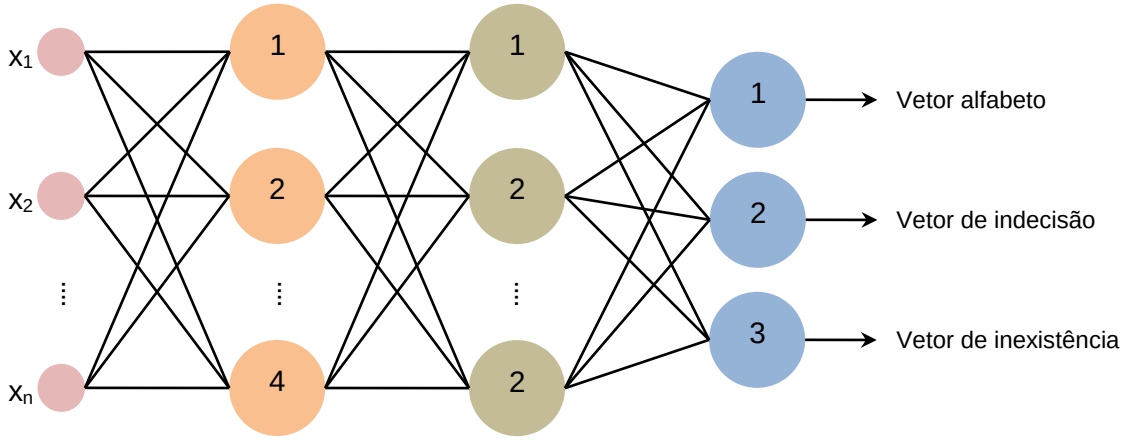


Figura 5.10: Topologia da RNA com 3 vetores de saída.

5.3.4. GUI experimental – interface gráfica do utilizador

Após as implementações em processamento de imagens, reconhecimento de padrões e transferência de dados seriais entre línguas e linguagens distintas, na engenharia de *software* ainda é relevante dimensionar requisitos básicos da aplicação e desenvolver uma interface gráfica do utilizador (GUI – *graphical user interface*).

Através de uma GUI, o usuário consegue interagir com dispositivos digitais por meio de elementos gráficos, como ícones, símbolos e outros indicadores visuais. Neste caso, uma GUI de um *software* para comunicação entre crianças com deficiências sensoriais distintas deve caracterizar quais aspectos cognitivos o usuário apresenta na emissão e aquisição de dados, o grau de deficiência e tornar mais simples e intuitiva a interface gráfica para uso. Muitas vezes, um *software* desenvolvido para crianças de mesmo grau de deficiência deve ser adaptado,

porque uma delas apresenta associação e interação de formas distintas, além de conseguir pensar, usar e contextualizar uma comunicação (frases ou apenas caracteres) em tempos diferentes.

Assim, a proposta deste protótipo é generalizar quais elementos gráficos, associações e aspectos de comunicação entre LIBRAS e *Braille*, um *software* deve apresentar. Ainda no ambiente de desenvolvimento MATLAB, as seguintes telas genéricas de *software* representam uma GUI que, em uma sala de recursos multifuncionais ou mesmo na sala de aula regular, é passivelmente de se implementar na escola.

Uma solução em tecnologia assistiva deve apresentar:

- *Software*:
  - Visual simples e intuitivo;
  - Minimizar a dependência digital (software como meio);
  - Maximizar a comunicação efetiva (CRIANÇA ↔ *software* ↔ CRIANÇA);
- *Sistema embarcado (mecatrônico)*:
  - Design simples e intuitivo;
  - Manipulação baseada nos modos comunicativos às crianças DA/DV (línguas e linguagens);
  - Auxílio às propostas pedagógicas na sala de aula regular e SRM;

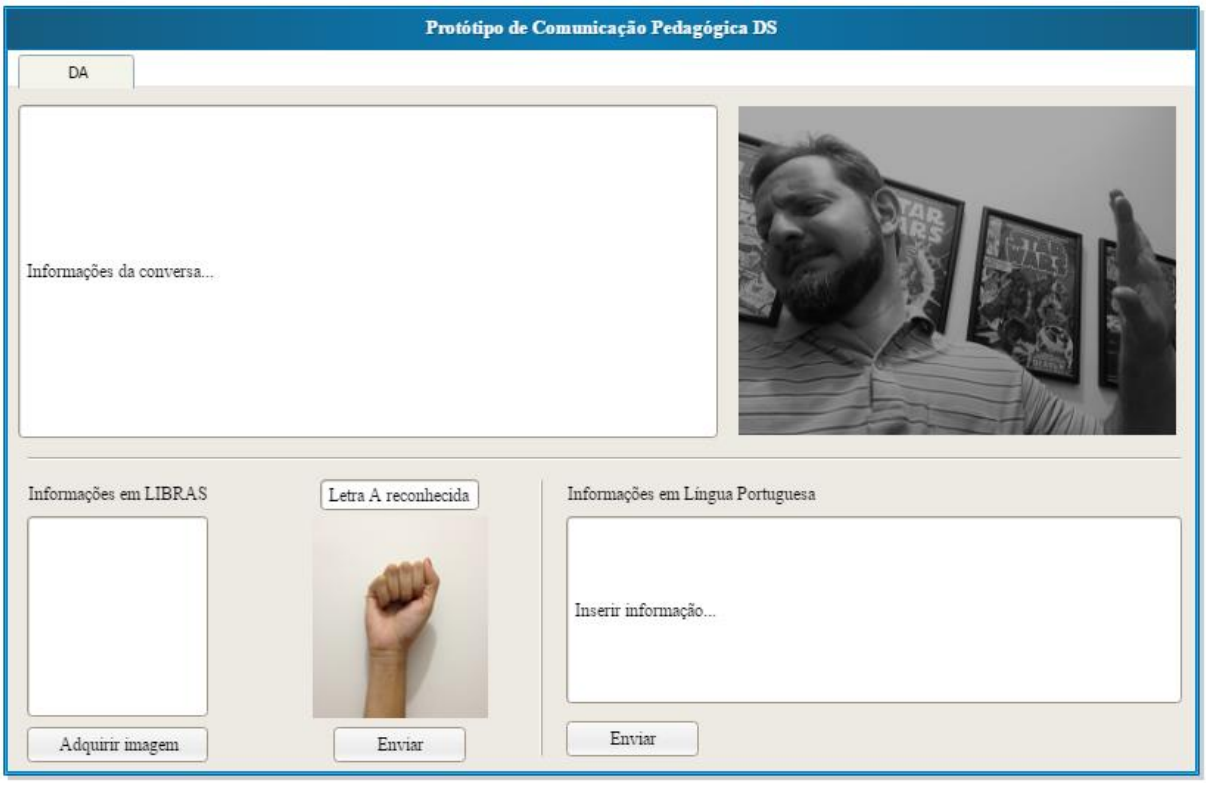


Figura 5.11: GUI do software dedicado a criança com deficiência auditiva.

Na figura 5.11, observa-se de forma genérica uma GUI dedicada a um usuário com deficiência auditiva. Na parte superior esquerda tem-se o campo textual que contém o histórico da conversa (tanto da criança DA quanto da criança DV que envia as informações a ela), abaixo no campo '*Adquirir imagem*', tem-se a aplicação de ativar a câmera, posicionar, orientar e adquirir a imagem de determinado sinal. Logo ao lado ocorre a representação do sinal gestual-visual reconhecido pelos algoritmos implementados anteriormente no MATLAB, e mais ao lado tem-se o campo textual para a inserção de informações (caracteres ou frases) na língua portuguesa, se assim o usuário pretender, ao invés da LIBRAS. Na parte superior direita, contém um outro elemento relevante ao *software*, que se trata de um '*intérprete'* tanto para confirmar o envio das informações em LIBRAS pelo usuário DA, quanto para traduzir os sinais emitidos em Braille pelo usuário DV, num outro software dedicado a ele. Assim, a comunicação é efetuada por ambas as partes. Verifica-se ainda que neste campo, o '*intérprete'* tem uma área retangular que lhe permite sinalizar com as mãos sinais dinâmicos (em movimento) e expressões faciais/corporais.

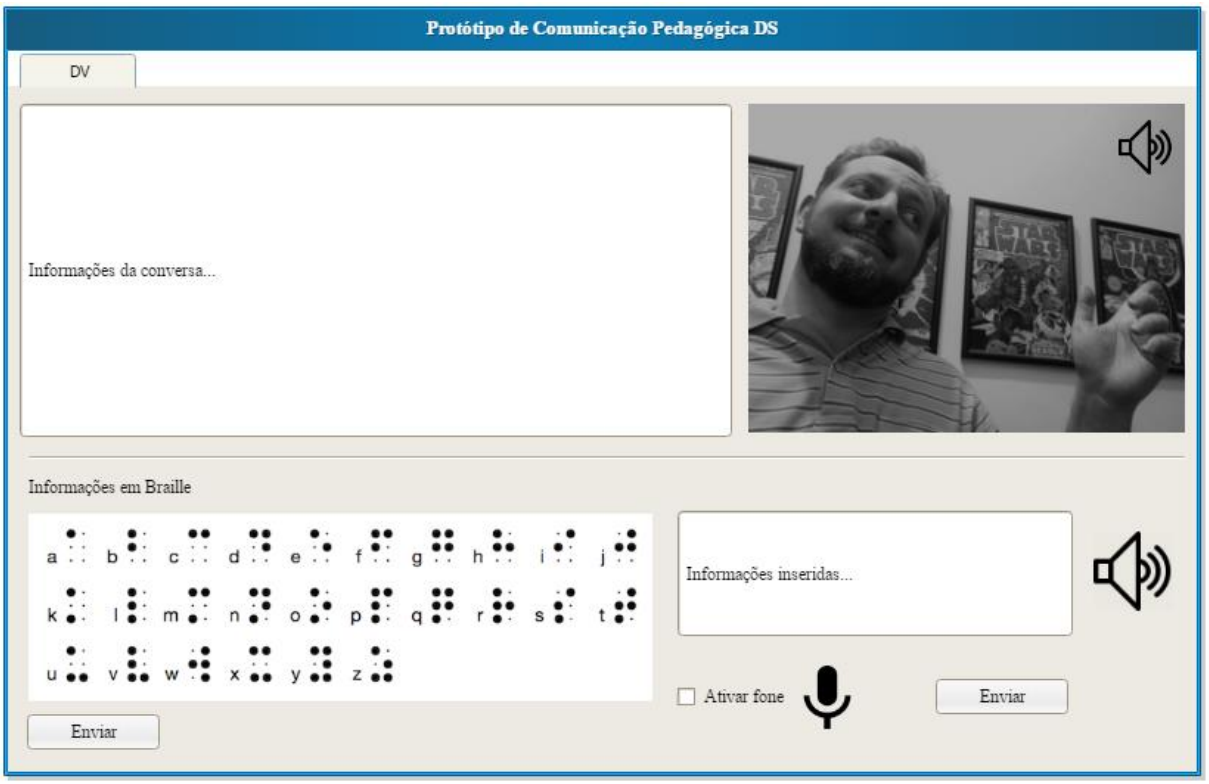


Figura 5.12: GUI do software dedicado a criança com deficiência visual.

Na figura 5.12, da mesma forma que a anterior, é apresentada de forma genérica uma GUI dedicada a um usuário com deficiência visual. Na parte superior esquerda tem-se o

campo textual que contém o histórico da conversa (tanto da criança DV quanto da criança DA que envia as informações a ela), abaixo no campo '*Informações em Braille*', a criança DV tem um auxílio adaptativo na escrita de caracteres em *Braille*, formando assim frases contextualizadas. Mas, se a criança optar por falar caracteres/frases, ela seleciona o item 'Ativar fone', que por um auxílio guiado em áudio, ela insere as informações que pretender, enviando à outra criança DA (que em seu *software* realiza-se a tradução para LIBRAS pelo '*intérprete'* e em língua portuguesa). Ainda, na parte superior direita se encontra o mesmo '*intérprete'* existente na GUI do *software* para crianças DA, mas que conforme realiza as traduções de *Braille* para LIBRAS, os mesmos sinais são paralelamente traduzidos em língua portuguesa através de um áudio que repassa as informações sonoras à criança DV.

Dessa forma, apresentam-se duas GUIs de *softwares* interdependentes, adaptados às crianças DA e às crianças DV. Neste desenvolvimento ainda é passível de se realizar a comunicação entre: *crianças DA/DA; crianças DA/DV; crianças DV/DA; crianças DV/DV; crianças com deficiência/crianças sem deficiência*.

A prototipagem permite ainda verificar quais atributos são realmente necessários, como aspectos visuais na GUI do software, e que beneficiem a dinâmica de uso do mesmo pela criança, como ícones maiores, coloridos, posicionados de forma mais simples visualmente, alterações no tamanho da fonte, informações textuais substituídas por símbolos (ícone de um fone em desenho ao invés de descrever '*ativar fone*'), e tantas outras alternativas para alterar, incrementar, corrigir e simplificar o uso final do software pela criança DA/DV.

Deve-se ressaltar que, por se tratarem de GUIs de *softwares* genéricos a um modelo de comunicação entre línguas/linguagens diferentes, as adaptações, aprimoramentos, análise de requisitos e tantos outros elementos da engenharia de *software* devem ser considerados na reelaboração, design, prototipagem, desenvolvimento, testes e validação, de acordo com as necessidades educativas especiais de cada criança na sala de aula.

5.4. Análise construtivista-crítica avaliativa de resultados estimados

Neste item, de acordo com a metodologia empregada neste estudo, é descrita a análise estimativa pós protótipo referencial, sob a perspectiva construtivista-crítica (agir comunicativo, cognoscência do sujeito-aluno). Nesse sentido, verifica-se se através do uso destes *softwares* (soluções em TA de forma genérica), se protótipos dedicados, *a posteriori*, favorecem significativamente a comunicação entre crianças na educação infantil, destacando as características distintas de cada uma em sala de aula, e grau de deficiência sensorial, na tentativa de auxiliar mais ainda a inclusão, de fato, dessas crianças no ambiente escolar.

Assim, analisa-se esta pesquisa sob a perspectiva construtivista-crítica de comunicação, que integra as premissas epistemológicas da cognoscência de aprendizagem em Jean Piaget e a ação comunicativa pelo contexto vivido de Jürgen Habermas, definida como *metodologia multilinguagem de análise discursiva comunicativa*.

A abordagem construtivista-crítica é baseada na definição epistemológica do construtivismo, em que o conhecimento não se situa na mente (no sujeito), nem no mundo (objeto), mas através da interação entre ambos, por simbologias descritivas de assimilação e acomodação, e sequencialmente de adaptação. A comunicação então, é entendida como um processo de conhecimento que permite a subjacência de *formas* (sistemas lógicos abstratos) e *conteúdos* (sistemas de significação), e seus significados dependem de construção lógica, em que se estruturam e se organizam os enunciados (aqui a meta de contextualizar um assunto qualquer em alfabetização matemática, entendível tanto em LIBRAS, quanto em *Braille*, identificando exatamente a *forma* e *conteúdo* transmitidos).

Embora Piaget tenha pesquisado sobre comunicação e aquisição da linguagem na criança, faltou a preocupação no âmbito da cultura (sentidos), que emerge nos processos cognitivos. Ainda que tenha buscado desenvolver uma teoria das significações (PIAGET, 1991; 1976b; 1976c; 1977b), as propostas não apresentavam uma abordagem pragmática, mas somente sintático-semântica. Descreveu a gênese da comunicação na criança (PIAGET, 1976a), a gênese do número na criança (PIAGET; SZEMINSKA, 1981) e propôs o modelo de trocas de valores (PIAGET, 1977a). A criança inicia a socialização nas trocas comunicativas, devido à adoção de valores (quando individuais, são afetivos e quando sociais, morais). A moral para Piaget, é a normativa social da afetividade, expressa através de processos comunicativos cooperativos ou coativos (comunicativos ou instrumentais sob o entendimento de Habermas).

A troca de valores expressa as interações que fundamentam o funcionamento comunicativo da pessoa (desde criança a passar pelo período operatório). A ação de uma criança **A**, quando dirigida comunicativamente a uma criança **B**, tem consequências afetivo-morais. Tal ação resulta numa satisfação, insatisfação ou neutralidade, e este resultado implica em dívida, desprezo ou indiferença. A criança **B** atribuirá um valor a criança **A** (afetivo-moral), relacionando-a a um desses resultados, valorizando-a ou desvalorizando-a. Essas interações são *cooperativas* (quando tendem a um equilíbrio consensual entre as partes), e *coativas* (quando tendem a um desequilíbrio, manipulação ou subordinação entre as partes).

Valores então, quando se trata do uso de soluções tecnológicas para auxiliar a comunicação entre crianças DA/DV, são inerentemente relevantes para a validação da informação, quanto a forma, conteúdo, contexto e moralidade entre os participantes.

Habermas, apesar de não ter fundamentado uma teoria da comunicação, pesquisou e fomentou uma teoria social na qual a comunicação é fundamento (HABERMAS, 1981a; 1981b). Em sua teoria social, considerou as pesquisas de Piaget ao integrar a aprendizagem no desenvolvimento psicológico e social, e inseriu a crítica da razão funcionalista pela razão comunicativa, construída paralelamente ao sistema de troca de valores de Piaget, destacando a argumentação como um meio crítico de interrelações.

Habermas desenvolveu uma crítica laborativa sobre as relações necessárias entre o sistema social e a experiência comunicativa do sistema vivido. O problema nesse caso na sociologia é a mutualidade do indivíduo na sociedade, destacando a quase inexistente relação entre os sistemas sociais e a comunicação, incapaz de inferirem significados culturais da linguagem (corporais e verbais) com as *linguagens* político-sociais (econômica e política).

De acordo com Habermas, a racionalidade comunicativa é dada pela estimativa do valor no uso experimental de postulados pragmático-formais para explicar modelos patológicos de comunicação (as patologias, no caso, inerentes ao ambiente escolar). Sendo os valores individuais, sociais ou mútuos, estudam-se processos de argumentação para revelar se uma troca comunicativa é patológica (coativa) ou não (cooperativa) – no ambiente escolar esses processos argumentativos têm uma representatividade de significâncias de acordo com o contexto da informação.

A comunicação é, então, considerada como um mecanismo biológico que permite ao sujeito se presenciar e presenciar ao ambiente ao seu redor. Mas algumas necessidades primárias para se permitir a comunicação devem ser relacionadas, como o contexto na estrutura e função do sinal comunicativo, a existência da comunidade comunicativa, o custo para a produção dos sinais e os benefícios da interação. Ainda, o uso de linguagens distintas e a capacidade de se modelar técnicas para integrar tais necessidades primárias são exemplos de aprimoramentos epigenéticos.

Nesse contexto, o emprego de soluções de TA como auxílio a comunicação de crianças com deficiência auditiva e visual (pós análise de requisitos, formalidade métrica da solução, prototipagem, testes e validação) tem sua emancipação quando a perspectiva construtivista-crítica de uso e implementação permite o estudo das interações cooperativas como o das patologias comunicativas educacionais, porque se baseiam na transdisciplinaridade dos conhecimentos. Quando se entende a interdependência de razões e afetos-morais em

indivíduos imersos em sociedades culturais e estabelecidas em produções discursivas (esquematizações), atinge-se a convergência teórica entre Piaget e Habermas.

Assim, sendo a comunicação um processo de desenvolvimento genético-social, as estruturas cognitivas e afetivas que emergem da consciência dos sujeitos por meio de ações corporais e mentais representam estados psicológicos. Logo, nas trocas com o meio social (de forma natural), tais estados informa os sentidos, que em seguida, inicia as interações comunicativas em seu processo de produção discursiva intersubjetiva, em que as estruturas cognitivas e afetivas se tornam subjacentes às produções discursivas e criam articulações durante a troca de valores entre os sujeitos (do início de uma interação entre crianças com deficiências sensoriais distintas ao final da informação, usando a solução em TA).

5.5. Inserção, interação, integração e inclusão

Muitos autores na literatura sobre educação especial divergem das qualidades associativas e sequenciais que relacionam a *inserção, interação, integração* e *inclusão*. Enquanto as discussões permeiam se deve-se destacar o termo *inclusão* diretamente numa perspectiva heterogênea social, ainda no Brasil não se tem um consenso sobre a adequação terminológica entre as etapas, permitindo então uma sequência de momentos para se efetivar a inclusão em sala de aula.

É inegável a pertinência argumentativa sob as perspectivas referentes ao uso destes termos, e mesmo o texto da Declaração de Salamanca (UNESCO, 1994) é exemplo de interpretação abstrata no relatório final (Parte 3), em que alguns trechos do texto se situam a *integração*, e em outras a *inclusão*. Mas a ideia neste momento é verificar se, no mínimo, estes termos têm uma relação adicional de um a outro.

O entendimento para esta pesquisa é que a *inclusão* deve ser associada a uma sequência de eventos, desconstruindo o argumento de que é tangível se discutida e desempenhada somente numa pragmática disruptiva. Entretanto, se situar numa pragmática associativa, a *inclusão* adquire, enfim, sua significância real.

Alguns questionamentos sobre as diferenças entre os termos e suas adequações. Como incluir sem integrar? Como integrar sem interagir? Como interagir sem inserir? Entende-se, nesse contexto, que *inserir, interagir, integrar* e *incluir* dependem entre si e se identificam por relações matemáticas através da teoria dos conjuntos.

Na *inserção*, uma criança DA/DV é alocada num ambiente que não lhe é comum, e um sinônimo para tal é a *diferença entre conjuntos* (conjunto de crianças DA/DV menos conjunto de crianças), tem-se então num mesmo ambiente, dois conjuntos *separados* (disjuntos).

Quando partes de um conjunto iniciam uma pré-relação com partes de outro conjunto, isto é, algumas crianças DA/DV *interagem* com outras crianças (mas apenas parcialmente), então tem-se uma propriedade distributiva, em que, ou o conjunto de crianças DA/DV está contido no conjunto de crianças, ou este contém aquele. Existe uma segregação informal (crianças do segundo conjunto ignoram crianças DA/DV).

Na *integração*, tem-se a propriedade associativa em que são identificados elementos em comum nos conjuntos das crianças DA/DV e demais crianças, assim uma intersecção entre indivíduos. Neste caso, as crianças do primeiro conjunto estão *inseridas* e *interagem* com as demais, mas ainda de forma homogênea (um conjunto inserido e interagido dentro de outro conjunto).

Finalmente, na *inclusão*, tem-se a união dos 2 conjuntos (propriedade comutativa), sendo que idealmente, a diversidade e a diferença agregam características individuais e sociais, uma vez que num mesmo ambiente, as crianças DA/DV são inseridas, se interagem, se integram e se relacionam (um conjunto adicionado a outro conjunto – *união*).

Teoricamente, a ideia de se relacionar estes termos com a teoria de conjuntos é passível de se implementar, tem uma base matemática relacional interdependente e equacionada numa sequência de ações que a escola deve iniciar e a família/sociedade deve intensificar. A *inclusão*, de fato, não deve ser apenas no ambiente escolar, mas deve ser fundamentada nas premissas de envolvimento pleno da criança em quaisquer ambientes ao seu redor. Destacam-se três necessidades para a relação $inserir \rightarrow interagir \rightarrow integrar \rightarrow incluir$.

- desenvolver **culturas** inclusivas;
- desenvolver **políticas** inclusivas;
- desenvolver **práticas** inclusivas.

Somente tendo e mantendo o desenvolvimento destas necessidades, é que a inclusão terá sua *práxis* ideal nos ambientes de ensino-aprendizagem, no plano institucional e no convívio social.

Conclusões

Nesta pesquisa, objetivou-se parametrizar e validar características assistivas para estudo e desenvolvimento de dispositivos tecnológicos que apresentem interações comunicativas entre crianças com deficiência auditiva e crianças com deficiência visual, na educação infantil, entre 3 e 5 anos.

Neste contexto, implementou-se uma solução em TA em forma de *software* como protótipo conceitual genérico, que generalizava os meios de comunicação entre estas crianças, relacionando aspectos técnicos de referenciais computacionais, agregado a uma perspectiva discursiva sob teorias fundamentadas na aprendizagem, aquisição da linguagem, epistemologia e alfabetização matemática de Jean Piaget (construtivista), e sob teorias fundamentadas no agir comunicativo, como modelo de sistema social e a experiência comunicativa do contexto vivido (crítica) de Jürgen Habermas.

Ainda, os objetivos secundários apresentaram resultados dessa pesquisa, na seguinte sequência:

- características estabelecidas para quaisquer tipologias de dispositivos mecatrônicos, como solução em TA, apresentando interações comunicativas de e entre crianças com DA e DV, associando ainda necessidades educativas especiais para a faixa etária da Educação Infantil, e fomentando o ensino da matemática;
- especificações técnicas descritas e fundamentadas para se desenvolver soluções em TA, favorecendo interações comunicativas de e entre crianças com DA e DV;
- protótipo conceitual desenvolvido, como sistema validativo de interações comunicativas de e entre crianças com DA e DV.

Realizou-se ainda uma análise construtivista-crítica avaliativa de resultados obtidos, evidenciando a associação argumentativa que a inclusão efetiva em sala de aula deve apresentar, iniciada pela inserção da criança, suas primeiras interações, a base da integração em sala de aula, e a inclusão validativa no ambiente escolar.

Referências bibliográficas

ABBOTT, J. S.; WELLS, D. W. Mathematics today, teacher's edition. L2. Harcourt Brace Jovanovich, 1985.

AEBLI, H. Didactique Psychologique. Paris, Delachaux et Niestle, 1965.

ALMEIDA, W. G. Educação de surdos: formação, estratégias e prática docente. Editora da UESC. Biblioteca Nacional. ISBN 978-85-7455-383-2. Ilhéus, BA, 2015.

BAYES, T., PRICE, M. An Essay towards solving a Problem in the Doctrine of Chances. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 53: 370–418. doi:10.1098/rstl.1763.0053; 1963.

BECKER, F. Educação e construção do conhecimento. PA ARTMED, 2001.

_____. A origem do conhecimento e a aprendizagem escolar. PA ARTMED, 2003.

_____. Concepção de conhecimento e aprendizagem. In: SCHNAID, F; ZARO, M. A.; TIMM, M. I. Ensino de engenharia: do positivismo à construção das mudanças para o século XXI. PA UFRGS Ed. 2006.

_____. Epistemologia do professor. 14 ed. Petrópolis: Vozes, [1993], 2009.

_____. Epistemologia do professor de matemática. PA: PPGEdu, 2010.

BRASIL. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961. Brasília, 1961.

_____. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 5.692, de 11 de agosto de 1971. Brasília, 1971.

_____. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Constituição da República Federativa do Brasil – Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, de 05 de outubro de 1988. Brasília, 1988.

_____. Política Nacional de Educação Infantil. Ministério da Educação/ SEF/ COEDI. Brasília, 1993.

_____. Critérios para um atendimento em creches que respeite os direitos fundamentais das crianças. Ministério da Educação/ SEF/ COEDI. Brasília, 1995.

_____. Presidência da República. Congresso Nacional. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, 1996.

_____. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v. 134, n. 248, 1997a. Seção 1, p. 27834-27841.

_____, Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos PCNs. Brasília, 1997b.

_____. RCNEI – Referencial Curricular Nacional para a Educação Infantil / Ministério da Educação e do Desporto, Secretária de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, volume 01 (Introdução), 1998a.

_____. RCNEI – Referencial Curricular Nacional para a Educação Infantil / Ministério da Educação e do Desporto, Secretária de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, volume 02 (Formação pessoal e social), 1998b.

_____. RCNEI – Referencial Curricular Nacional para a Educação Infantil / Ministério da Educação e do Desporto, Secretária de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, volume 03 (Conhecimento de mundo), 1998c.

_____. Decreto n° 3298. Sobre as categorias de deficiência auditiva de acordo com os limiares tonais. 1999.

_____. Lei n° 10436. Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – LIBRAS e dá outras providências. 2002.

_____. Decreto n° 5626. Regulamentação da lei n° 10436/2002. Sobre a inclusão da LIBRAS como disciplina curricular, a formação do professor de LIBRAS, uso e difusão da LIBRAS para acesso das pessoas surdas à educação, da formação do tradutor e intérprete de LIBRAS – Língua Portuguesa, da garantia do direito à educação das pessoas surdas e DA. 2005.

_____. PDE. Plano de Desenvolvimento da Educação – razões, princípios e programas. Ministério da Educação (MEC), 2007.

_____. Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva. Brasília, 2008.

_____. Revisão das diretrizes curriculares nacionais para a educação infantil. Conselho Nacional de Educação / Câmara de Educação Básica, 2009a.

_____. Decreto Executivo n° 6949. Convenção sobre os direitos das pessoas com deficiência e seu protocolo facultativo. Casa Civil. 2009b.

_____. Senado Federal. Condições de vida das pessoas com deficiência no Brasil: pesquisa de opinião pública nacional. < http://goo.gl/l7P1Gc > Brasília: DataSenado, 2010a.

_____. Lei n° 12.266/2010. Institui o dia nacional do sistema Braille. (em 08/04). Ministério da Educação (MEC). Instituto Benjamin Constant (IBC), Brasília, 2010b.

_____. Decreto n° 7611. Dispõe sobre a educação especial, o atendimento educacional especializado e dá outras providências. 2011a.

_____. Decreto n° 7612. Institui o Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência - Plano Viver sem Limite. 2011b.

_____. Nota Técnica MEC/SEESP/GAB n° 06. Dispõe de avaliação de estudantes com deficiência intelectual. 2011c.

_____. Plano nacional dos direitos da pessoa com deficiência. Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República (SDH/PR) / Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência (SNPD): SDH-PR/SNPD, 2013a.

_____. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 12.796, de 04 de abril de 2013. Brasília, 2013b.

_____. Planejando a próxima década – conhecendo as 20 metas do Plano Nacional de Educação (PNE). Brasília, 2015a.

_____. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Lei n°13.146/2015b.

_____. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Proposta final. 3ª versão revista. <basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCCpublicacao.pdf>, Brasília: MEC, 2017.

BRISSIAUD, R. El aprendizaje del cálculo. Más allá de Piaget y de la teoria de los conjuntos. España, 1993.

BRONFENBRENNER, U. The ecology of human development. Cambridge (US): Harvard University Press, 1979.

BRONFENBRENNER, U. A ecologia do desenvolvimento humano: experimentos naturais e planejados. Brasil: Artes Médicas. (Trabalho original publicado em 1979). 1997.

BRONFENBRENNER, U. Bioecologia do desenvolvimento humano: tornando os seres humanos mais humanos. Brasil: Artes Médicas, v. 2, 2011.

BROUSSEAU, G. Les obstacles epistémologiques et les problèmes d'enseignement. Recherches em Didactique des Mathématiques, 4.2, 1983.

_____. Fundamentos y métodos de la didáctica de la matemática. Universidad nacional de Córdoba, Faculdade de Matemática, Astronoia e Física, Série B, Trabajos de Matemática, n°19, 1993.

_____. Los diferentes redes del maestro. In: Didáctica de matemáticas. Aportes y reflexiones. Buenos Aires: Paidós, 1994.

_____. Glossaire de didactique des mathématiques. In: Thémes mathématiques pour la préparation du concours CRPE, 1995.

_____. Théorie des situations didactiques. Grenoble, 1998.

_____. Educación y didáctica de las matemáticas. In: Educación Matemática, 1291): 5-38, México, 1999.

BUENO, J.G.S. Educação Especial Brasileira: Integração/Segregação do Aluno Diferente. São Paulo, EDUC, 1993.

CAPELLI, J. C. S.; ALMEIDA, M. F. L.; SOUZA, I. L.; CORRÊA, V. O. S.; FERNANDES, F. M. A pessoa com deficiência auditiva – Os múltiplos olhares da família, saúde e educação. ISBN: 978-85-66659-69-6. Unida, 2017.

CASTRO, A. D. Piaget e a pré-escola. São Paulo, Pioneira, 1979.

CHAMBLAS, J. Préparation aux mathématiques – 4 ans. Paris, Sermap-Hartier (collection Apprendre), 1984.

_____. Préparation aux mathématiques – 6 ans. Paris, Sermap-Hartier (collection Apprendre), 1985.

CNE/CBE. Resolução n° 04 – Resolução da Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional de Nível Técnico. 1999a.

CNE/CBE. Resolução n° 02 – Resolução da Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação. Institui Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica. 1999b.

CNE/CBE. Resolução n° 09 – Resolução da Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação. Institui as diretrizes curriculares nacionais para a formação de professores da educação básica em nível superior. 1999c.

CNE/CBE. Resolução n° 17 – Resolução da Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação. Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica. 1999d.

DIMSI. Declaração Internacional de Montreal sobre Inclusão. Congresso Internacional “Sociedade Inclusiva”, Montreal, CA. 2001.

DUVAL, R. Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. Annales de Didactique et de Sciences Cognitives, 5, Estrasburgo, 1993.

DUVAL, R. Sémiosis et pensée humaine. Berna, 1995.

EDWARDS, C.; GANDINI, L.; FORMAN, G. As cem linguagens das crianças: a abordagem de Reggio Emília na educação da primeira infância. Tradução de Dayse Batista. Porto Alegre, 1999.

EGMONT-PETERSEN, M., RIDDER, D. e HANDELS, H. Image processing with neural networks - a review. Pattern Recognition, v. 35, n. 10, p. 2279–2301; 2002.

FARREL, M. Deficiências sensoriais e incapacidades físicas. Estratégias educacionais em necessidades especiais. Biblioteca MED, ISBN: 9788536314440. 2009.

FERREIRA, W. O conceito de diversidade no BNCC: relações de poder e interesses ocultos. Revista Retratos da Escola, Brasília, v. 9, n. 17, p. 299-319, 2015.

FERREIRO, E.; TEBEROSKY, A. Los sistemas de escritura em el desarrollo del niño. México, Siglo XXI. Porto Alegre, 1979.

FERREIRO, E.; CASTORINA, J. A.; LERNER, D.; OLIVEIRA, M. K. Piaget/Vygotsky: novas contribuições para o debate. Editora Ática Educacional, ISBN: 978-85-08-05653-8, São Paulo, SP, 2009.

FLAVELL, J. H. A psicologia do desenvolvimento de Jean Piaget. São Paulo: Pioneira, 1996.

FINEP. Programa nacional de inovação em tecnologia assistiva. Linha de subvenção. Área de Tecnologia para o Desenvolvimento Social (ATDS). Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), 2017.

FORSYTH, D. A., PONCE, J. Computer Vision: A Modern Approach. Prentice Hall - US ed., 693 p. - ISBN: 0130851981; 2002.

FREGE, G. Escritos lógicos-semánticos. Madrid: TECNOS, 1975.

FREIRE, P. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. Rio de Janeiro, 1997.

GALUPPO, M. C. Igualdade e Diferença: Estado Democrático de direito a partir do pensamento de Habermas. ISBN: 8587054406. 2003.

GARCIA. E. El conocimento e construcción. Barcelona: Gedisa, 2000.

GARCIA, M. M. Educação Infantil – Saberes e práticas da inclusão: dificuldades de comunicação sinalização: deficiência visual. [4. ed.] / elaboração Marilda Moraes Garcia – consultora autônoma. – Brasília: MEC (Ministério da Educação), SEESP (Secretaria de Educação Especial), 2007.

GARCIA, R. Política de educação especial na perspectiva inclusiva e a formação docente no Brasil. Revista Brasileira de Educação, Rio de Janeiro, v. 18, n. 52, p. 101-119, 2013.

GIL, M. Deficiência Visual. Cadernos da TV Escola. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação à Distância. ISSN: 1518-4692. Brasília, 2000.

GIROTO, C. R. M.; POKER, B.; OMOTE, S. As tecnologias nas práticas pedagógicas inclusivas. Oficina Universitária – UNESP / Cultura Acadêmica. ISBN: 978-85-7983-259-8. São Paulo, 2013.

GIROUX, H. A. Superando Objetivos Behavioristas e Humanísticos. In: _____. Os professores como intelectuais: rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem. Porto Alegre: Artmed Editora, 1997. p. 79–90.

GONZALEZ, R. C., WOODS, R. E Digital Image Processing. 3.ed. New Jersey, EUA: Prentice-Hall Inc. ISBN 013168728X; 2010.

GRÉCO, J.; GRIZE, J.; PAPERT, S.; PIAGET, J. Problèmes de la construction du nombre. Paris: Presses Universitaires de France, 1960.

HABERMAS, J. Técnica e ciência como ideologia. (Technick und Wissenschaft als Ideologie). Suhrkamp Verlag, Frankfurte am Main. ISBN: 9788539305803. Editora UNESP. 1968/2015.

_____. Legitimationsprobleme im Spaetkpitalismus. (A crise de legitimação no capitalismo tardio). Tradução de Vamireh Chacon. Rio de Janeiro, 1973/1980.

_____. Theorie des Kommunikativen Handels. Band I. Handlungsrationalität und geselchaftliche Rationalisierung. Frankfut am Main: Suhrkamp, 1981a.

_____. Theorie des Kommunikativen Handels. Band II. Zur Kritik der funktionalistischen Vernunft. Suhrkamp: Frankfut am Main, 1981b.

_____. Der philosphische Diskurs der moderne. Zwolf Vorlesungen. Frankfurt/M., Suhrkamp Verlag. (O discurso filosófico da modernidade). 1985.

_____. Consciência moral e agir comunicativo. Tradução de Guido A. de Almeida. Rio de Janeiro, 1989.

_____. Erläuterungen zur Diskursethik. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1991.

_____. Die Einbeziehung des Anderen – Studien zur politischen Theorie. (A inclusão do outro: estudos de teoria política). Tradução de Gerige Sperber, Paulo Asthor Soethe e Milton C. Mota. 2a. ed. São Paulo, 2005a.

_____. Wahrheit und Rechtfertigung. (Verdade e justificação: ensaios filosóficos). Tradução de Milton C. Mota. São Paulo: Loyola, 2005b.

_____. Die Zukunft der menschlichen Natur. Auf dem Weg zu einer liberalen Eugenik? (O futuro da natureza humana: a caminho de uma eugenia liberal?). São Paulo, 2005c.

HAYDT, R. C. Avaliação do processo ensino-aprendizagem. São Paulo: Editora Ática, 2005.

HOFFMANN, J. M. L. Avaliação mediadora: uma prática em construção da pré-escola à universidade. Brasil: Educação & Realidade, 2000.

_____. M. L. Avaliação: mito e desafio: uma perspectiva construtivista. Brasil: Mediação, 2005.

HONORA, M.; FRIZANCO, M. L. E. Livro Ilustrado de Língua Brasileira de Sinais: Desvendando a comunicação usada pelas pessoas com surdez (volume I). Editora Ciranda Cultural. ISBN: 978-85-380-0492-9. São Paulo, 2009.

HONORA, M.; FRIZANCO, M. L. E. Livro Ilustrado de Língua Brasileira de Sinais: Desvendando a comunicação usada pelas pessoas com surdez (volume II). Editora Ciranda Cultural. ISBN: 978-85-380-1421-8. São Paulo, 2010.

HONORA, M.; FRIZANCO, M. L. E. Livro Ilustrado de Língua Brasileira de Sinais: Desvendando a comunicação usada pelas pessoas com surdez (volume III). Editora Ciranda Cultural. ISBN: 978-85-380-1799-8. São Paulo, 2011.

IBC/MEC. Regimento Interno Legislativo do Instituto Benjamin Constant (IBC). Ministério da Educação. 2017.

IBGE. Pesquisa nacional de saúde. Ciclos de vida – Brasil e grandes regiões. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2013.

IGEL, C., HÜSKEN, M. Improving the Rprop learning algorithm. In: Proceedings of the Second International ICSC Symposium on Neural Computation (ICSC Academic Press), p. 115–121; 2000.

JOHSUA S.; DUPIN, J. J. Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques. Paris: Presses Universitaires de France, 1993.

KAMII, C.; DEVRIES, R. O conhecimento físico na educação pré-escolar: implicações da teoria de Piaget. Tradução de Maria Cristina R. Goulart. Porto Alegre, 2000.

KAMII, C.; JOSEPH, L. L. Aritmética: novas perspectivas. Implicações da teoria de Piaget. ISBN: 9788530801687. Brasil, 2003.

KOJIMA, C. K.; SEGALA, S. R. LIBRAS – Língua Brasileira de Sinais – A imagem do pensamento (volumes I, II, III). ISBN: 9788537717165. Escala Educacional, 2013.

KRAMER, S. A Política do pré-escolar no Brasil: A arte do disfarce. 7ª edição. São Paulo: Cortez, 2003.

LERNER, D.; SADOVSKY, P. El sistema de numeración: um problema didáctico. In: C. Parra e I Saiz (comps.), Didáctica de matemáticas, Aportes y reflexiones. Argentina, Paidós, 1997.

LODGE, D. Surdo mundo. (Tradução: Deaf Sentence). ISBN: 978-85-254-2018-3. L&PM Editores. 2010.

LONGHI, A. J. ação educativa na perspectiva da teoria do agir comunicativo de Jürgen Habermas: uma abordagem reflexiva. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. 2005.

LORENZATO, S. Educação infantil e percepção matemática. Coleção Formação de Professores. Autores Associados. ISBN: 978-85-7496-153-8. Brasil, 2011.

LOWE, D. G. Object recognition from Local Scale-Invariant Features. Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision (IEEE ICCV). DOI: 10.1109/ICCV.1999.790410. ISBN: 0-7695-0164-8. IEEE, 1999.

LUCKESI, C. C. Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições. São Paulo: Cortez, 2005.

LUGLI, L. C. Técnicas de visão computacional aplicadas ao reconhecimento de cenas naturais e locomoção autônoma em robôs agrícolas móveis. São Carlos, 353 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

LUGLI, L. C. Análise qualitativa e quantitativa em citricultura por classificação cognitiva ponderada e fusão sensorial no mapeamento de cenas naturais agrícolas. 305p. Tese de Doutorado Acadêmico – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

MACHADO, M. L. A. Pré-escola não é escola: a busca de um caminho. Rio de Janeiro, 1991.

MANTOAN, M. T. E. Inclusão escolar – O que é? Por quê? Como fazer? Editora Moderna. ISBN 85-16-03903-X. São Paulo, 2003.

MANTOAN, M. T. E. Igualdade e diferenças na escola: como andar no fio da navalha. Educação, v. 32, n. 2, p. 319-26, 2007.

MANTOAN, M. T. E.; ROPOLI, E. A.; SANTOS, M. T. C. T.; MACHADO, R. A educação especial na perspectiva da inclusão escolar – A escola comum inclusiva. (fascículo 01). Brasília, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial / UFC, 2010.

MANTOVANI DE ASSIS, O. Z. Uma nova metodologia de educação pré-escolar. São Paulo, Pioneira (série Cadernos de Educação), 1979.

MARGOLINAS, C. De l'importance d vrai et du faux dans la classe de mathématiques. Grenoble, 1993.

MARTINS, G. C. S.; MURARO, D. N. O diálogo e a criança – Algumas dimensões da experiência dialógica na educação infantil. XII EDUCERE (Congresso Nacional de Educação), Formação de professores, complexidade e trabalho docente. BRASIL, 2015.

MATHWORKS. MATLAB R2017a. Version 9.5.0.9 - The Language of technical computing, 2017.

MEC. Portaria do Ministério da Educação n° 1793, 1994.

MEC/SEB. Guia de tecnologias educacionais – MEC (Ministério da Educação), Secretaria de Educação Básica, 2009.

MEC/SECADI. Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva. Ministério da Educação / Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão, 2009.

MEC-INEP. Censo Escolar – Principais indicadores da educação de pessoas com deficiência. Ministério da Educação / Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (MEC/INEP), 2015.

MEC/INEP. Censo Escolar – Notas Estatísticas. Ministério da Educação / Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (MEC/INEP), 2016.

NORVIG, P. Inteligência Artificial. 3ª edição, Elsevier, ISBN-10: 8535237011, 2013.

ONU. Declaração Universal dos Direitos Humanos. Assembleia Geral das Nações Unidas. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), 1948.

PANIZZA, M. Ensinar matemática na educação infantil e nas séries iniciais. ISBN: 978-85-363-0592-9. Porto Alegre, 2011.

PACHECO, J. A. Currículo, Aprendizagem e Avaliação. Uma abordagem face à agenda globalizada. Revista Lusófona de Educação, v. 17, p. 75–90, 2011.

PAGNI, P. Emergência do discurso da inclusão escolar na biopolítica: uma problematização em busca de um olhar mais radical. Revista Brasileira de Educação, Rio de Janeiro, v. 22, n. 68, p. 255-272, 2017.

PAPERT, S. A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática. RS, 2009.

PAPIM, A. A. P.; ARAUJO, M. A.; MOURA, K. G.; SILVA, G. F. Inclusão Escolar – Perspectivas práticas pedagógicas contemporâneas. ABEC – Editora FI, ISBN: 78-85-5696-266-9. 2017.

PERRENOUD, P. Avaliação da excelência à regulação das aprendizagens entre duas lógicas. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

PERSH, D. A teoria do agir comunicativo de Habermas e a formação do sujeito moral. VI Seminário de Filosofia da UFSCar, 2010.

PIAGET, J. Éstudes sociologiques. Genève, Droz, 1965.

_____. Epistémologie de la logique. Logique et Connaissance Scientifique. Enciclopédie de la Pléyade, Paris, Gallimard, 1967.

_____. Psicología y pedagogia. Barcelona, Ariel, 1969.

_____. Biologia e conhecimento: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis, 1973.

_____. Estudios sobre la contradicción. México, Siglo XXI, 1974a.

_____. Adónde va la educación. Barcelona, Teide, 1974b.

_____. El critério moral em el niño. Barcelona, Fontanella, 1974c.

_____. A construção do real na criança. Tradução de Cabral A. Rio de Janeiro, Zahar, 1975. (trabalho publicado em 1937. La construction du réel chez l'enfant. Neuchatel, Delachaux et Niestlé).

_____. Le langage et la pensée chez l'enfant. 9. ed. Neuchâtel-Paris: Delachaux et Niestlé, 1976a.

_____. Le possible, l'impossible et le nécessaire. Archives psychologiques, Genebra, v. XLIV, n. 172, p. 281-299, 1976b.

_____. La formation du symbole chez l'enfant. 6. ed. Neuchâtel-Paris: Delachaux et Niestlé, 1976c.

_____. Études sociologiques. 3. ed. Genebra: Librairie Droz, 1977a.

_____. Essai sur la nécessité. Archives psychologiques, Genebra, v. XLV, n. 175, p. 235-251, 1977b.

_____. Comentarios sobre las observaciones críticas de Vygotsky. Apêndice à obra de Vygotsky. Buenos Aires, La Pléyade, 1977c.

_____. Les formes élémentaires de la dialectique. Paris, Gallimard, 1980.

_____. Introduction. In: PIAGET, Jean; GARCIA, Rolando. Toward a Logic of Meanings. Hillsdale (MI): Lawrence Erlbaum Associates, 1991. p. 3-8. (Tradução do inglês para o francês de David de Caprona e Philip M. Davidson).

PIAGET, J.; SZEMINSKA, A. A gênese do número na criança. 3. ed. Tradução de: OITICICA, C. M. Rio de Janeiro: Zahar, 1981.

PORCARO, R. M. Tecnologias de comunicação e informação: políticas e estratégias de inclusão digital no Brasil, IPEA, 2007.

PRESSMAN, R. S.; MAXIM, B. R. Engenharia de Software – uma abordagem profissional. 8ª edição. ISBN: 9788580555332. McGraw Hill, 2017.

QUADROS, R. M. Educação de surdos: A aquisição da linguagem. ISBN: 8573072652. Artes Médicas, 1997.

QUADROS, R. M.; KARNOPP, L. B. Língua de sinais brasileira – Estudos linguísticos. ISBN: 8536303085. Artes Médicas, 2005.

QUADROS, R. M.; CRUZ, C. R. Língua de sinais – instrumentos de avaliação. ISBN: 9788536324784. Artes Médicas, 2010.

QUADROS, R. M. Língua de herança – Língua brasileira de sinais. ISBN: 9788584291106. Artes Médicas, 2017.

RABELLO, C. R. L. Tecnologias digitais de ensino superior: uma experiência de desenvolvimento profissional docente na UFRJ, Tese (Doutorado Acadêmico), Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Linguística Aplicada, Faculdade de Letras, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2015.

REDONDO, M. C. F.; CARVALHO, J. M. Deficiência Auditiva. Cadernos da TV Escola. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação a Distância. ISSN 1518-4706. Brasília, 2000.

SANTOS, S. M. P. Brinquedoteca: o lúdico em diferentes contextos. Petrópolis, Vozes, 1997.

SEDH/CORDE. Convenção sobre os direitos das pessoas com deficiência – Protocolo facultativo à convenção sobre os direitos das pessoas com deficiência. Secretaria Especial dos Direitos Humanos / Coordenadoria nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência (SEDH/CORDE), Governo Federal, 2007.

SIERPINSKA, A. La compréhension em mathématiques. Quebec: DeBoeck Université, 1995.

SKEMP, R. Psicología del aprendizaje de la matemática. Madrid: Morata, 1980.

SME. Relatório geral do Núcleo de Atendimento Educacional Especializado (NAEE). SME/GEE (Secretaria Municipal de Educação / Gerência de Educação Especial). Prefeitura de São José do Rio Preto/SP, 2015.

SONZA, A. P.; KADE, A.; FAÇANHA, A.; ANDRADE, A. L.; NASCIMENTO, G. S.; ROSITO, M. C.; BORTOLINI, S.; FERNANDES, W. L. Acessibilidade e tecnologia assistiva

– Pensando a inclusão sócio-digital de PNEs. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. ISBN 978-85-7770-207-7. Brasília, 2013.

STEFFEN, H. H. Robótica pedagógica na educação: um recurso de comunicação, regulagem e cognição. 113 f. Dissertação de Mestrado – Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

STREIECHEN, E. et al. Pedagogia Surda e Bilinguismo: pontos e contrapontos na perspectiva de uma educação inclusiva. Education. Acta Scientiarum, PR, v. 39, n. 1, p. 91-101, 2017.

TREVISOL, M. Ação comunicativa e pedagogia – alguns apontamentos sobre educação e mídia. V CINFE (Congresso Internacional de Filosofia e Educação). ISSN: 2177-644X, Brasil, 2010.

UNESCO. Declaração mundial sobre educação para todos: satisfação das necessidades básicas de aprendizagem. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/ >. 1990.

UNESCO. Declaração de Salamanca sobre princípios, política e práticas na área nas necessidades educativas especiais. Disponível em: < https://goo.gl/HoKZu7 >. 1994/1998.

UNICEF. Situação Mundial da Infância – Crianças com Deficiência. ISBN: 978-92-806-4656-6, 2013.

VAN DIJK, T. Modelos na memória: o papel das representações da situação no processamento do discurso. In: KOCK I. (Org.) Cognição, discurso, interação. São Paulo: Contexto, 2005.

VERONEZE, D. J.; NOGARO, A.; SILVA, F. L.; ZANOELLO, A. F. Consensos e dissensos entre os parâmetros curriculares nacionais e a base nacional comum curricular. XII Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM), ISSN 2178-034X, Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), 2015.

VINHA, T. P. O educador e a moralidade infantil: uma visão construtivista. Campinas, Mercado de Letras, 2000.

WIENER, N. Extrapolation, Interpolation and Smoothing of Stationary Time Series. The MIT Press, Cambridge, USA; 1942.