

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

Alessandra Oliveira de Carvalho

Desafios e Oportunidades ao Desenvolver o Pensamento Computacional Desplugado
como uma Abordagem para Compreensão do Sistema de Numeração Decimal

Juiz de Fora
2025

Alessandra Oliveira de Carvalho

**Desafios e Oportunidades ao Desenvolver o Pensamento Computacional Desplugado
como uma Abordagem para Compreensão do Sistema de Numeração Decimal**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Matemática. Área de concentração: Educação Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Barrére

Juiz de Fora
2025

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Oliveira de Carvalho, Alessandra.

Desafios e Oportunidades ao Desenvolver o Pensamento Computacional Desplugado como uma Abordagem para Compreensão do Sistema de Numeração Decimal/ Alessandra Oliveira de Carvalho. -- 2025.

115 f.

Orientador: Eduardo Barrére

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora. Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Educação, 2025.

1. Pensamento Computacional Desplugado. 2. Sistema de Numeração Decimal. 3. Materiais Manipulados. 4. Conjunto de Atividades. 1. Barrére, Eduardo, orient. li. Título.

Alessandra Oliveira de Carvalho

Desafios e oportunidades ao desenvolver o pensamento computacional desplugado como uma abordagem para compreensão do sistema de numeração decimal

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Educação Matemática. Área de concentração: Educação Matemática.

Aprovada em 23 de julho de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo Barrére • Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Dra. Janae Gonçalves • Membro externo

Universidade Federal Rural da Amazônia

Profa. Dra. Liamara Scortegagna • Membro interno

Universidade Federal de Juiz de Fora

Juiz de Fora, 09/07/2025.



Documento assinado eletronicamente por Eduardo Barrere, Professor(a), em 23/07/2025, às 16:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 32 do art. 42 do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Liamara Scortegagna, Professor(a), em 23/07/2025, às 16:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 32 do art. 42 do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por JANAIE GONCALVES, Usuário Externo, em 01/08/2025, às 18:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 32 do art. 42 do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Uffj (www2.uffj.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2493050** e o código CRC **D4739B5A**.

Dedico este trabalho aos meus pais,
que me mostraram a importância do
conhecimento e a todos aqueles
que acreditam no meu potencial

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela vida, pela saúde e pelo amparo espiritual, os quais me sustentaram durante esta e tantas outras caminhadas que me trouxeram até aqui. Em todos os momentos de dúvida e dificuldade, o amparo necessário sempre esteve comigo para prosseguir.

À minha família: meus pais, Antônio e Itamar, que me introduziram a primeira escola, a família cheia de amor, o incentivo e me ensinaram a dedicação e a perseverança; meu esposo, Marcelo, companheiro de todas as horas, pelo apoio nos momentos de cansaço, pela paciência e, principalmente, por acreditar em meu potencial; minhas filhas, Laura e Letícia, fonte constante de inspiração, compreendendo minha ausência e motivando-me a buscar meus objetivos e realizar meus sonhos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Juiz de Fora, pelo conhecimento compartilhado e pelas contribuições fundamentais à minha formação acadêmica e profissional.

Ao meu orientador, professor Eduardo Barrére, minha profunda gratidão e respeito pela orientação generosa, pela escuta paciente, pelos vários momentos de troca e, sobretudo, pela sensibilidade no acompanhamento da aluna, da professora e da pessoa em formação a cada etapa desta pesquisa. Sua dedicação e profissionalismo foram fundamentais para a realização desta pesquisa, desta conquista.

Aos colegas de turma, estes com quem compartilhei tantos momentos, experiências e aprendizado, tenham certeza, tornaram essa jornada mais leve e significativa.

A minha companheira de estudos, risos e aflições mas principalmente de planos para o futuro, meu obrigada Daniele Dias Pereira, voemos alto e longe.

A todas e todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho, deixo aqui meu sincero agradecimento e o meu afeto. Não por acaso.

RESUMO

Na sociedade atual submersa na cultura digital, a tecnologia altera o comportamento, a interação, o ensino e a aprendizagem, sendo necessário integrá-la à tecnologia, ao conhecimento humano e, conseqüentemente, inseri-la no contexto escolar. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) menciona na área de conhecimento da Matemática o Pensamento Computacional (PC), um dos eixos do currículo relacionado ao ensino da tecnologia e, de forma complementar, incorpora as “Normas sobre Computação na Educação Básica – Complemento à Base Nacional Comum Curricular”, que regulamenta habilidades e competência para o Ensino de Computação na Educação Básica brasileira. O PC é uma abordagem que, aplicada no contexto educacional, auxilia na resolução de problemas, de forma que os educandos possam elaborar estratégias criativas numa ação colaborativa. Entretanto, o processo de efetivação do ensino do PC encontra-se em fase inicial nas escolas, muitas vezes tendo como objetivo desenvolver conceitos relacionados à Computação. Tal fato, em parte, se dá devido à infraestrutura precária das escolas em relação a artefatos tecnológicos, bem como às dificuldades do professor na aquisição do conhecimento dessas tecnologias. Para ressignificar o processo educativo tornando-o mais atrativo e para impulsionar o conhecimento em relação ao PC, esta pesquisa tem por objetivo apresentar a aplicação de uma proposta baseada no Pensamento Computacional Desplugado (PCD), ou seja, sem a utilização de ferramentas tecnológicas. O presente trabalho descreve a elaboração, aplicação e conclusões de um conjunto de atividades seguindo a metodologia *Design Science Research* (DSR) sobre a aprendizagem do Sistema de Numeração Decimal (SND) em turmas do 5º ano do Ensino Fundamental I ancorada na abordagem do PCD e com o suporte de matérias manipuláveis. Como resultado, a pesquisa aponta que o PCD é uma abordagem que auxilia a aprendizagem dos conceitos matemáticos, desenvolve habilidades em relação à resolução de problemas e fornece indícios de maior compreensão das características do sistema de numeração decimal. A pesquisa permitiu concluir que a aplicação do PCD possibilitou aos participantes da pesquisa debaterem, argumentarem coletivamente sobre o conteúdo das tarefas aplicadas, explorarem diferentes estratégias de resolução e estabelecerem conexão entre eles.

Palavras-chave: pensamento computacional desplugado; sistema de numeração decimal; materiais manipulativos; educação matemática.

ABSTRACT

In contemporary society immersed in a digital culture, technology has significantly transformed human behavior, social interaction, teaching, and learning processes, being necessary to integrate technology into human knowledge and, consequently, incorporate it into the educational environment. The Brazilian National Common Curricular Base (BNCC) identifies Computational Thinking (CT) within the field of Mathematics as one of the core components of the curriculum related to technology education. Additionally, it incorporates the *Guidelines on Computing in Basic Education – Supplement to the BNCC*, which regulate the skills and competencies necessary for the teaching of Computing in Brazilian basic education. Computational Thinking is an approach that, when applied in educational settings, supports problem-solving by enabling students to develop creative strategies through collaborative actions. However, the implementation of CT in schools remains at an early stage and is often limited to the development of basic computing concepts. This situation can be partly attributed to inadequate technological infrastructure in schools, as well as to teachers' limited knowledge and training in educational technologies. In order to enhance the educational process, making it more engaging and expanding students' understanding of CT, this research aims to present the application of a proposal grounded in Unplugged Computational Thinking (UCT), that is, without the use of digital tools or technological resources. This study describes the design, implementation, and evaluation of a set of activities based on the Design Science Research (DSR) methodology. The activities focus on the teaching and learning of the Decimal Number System (DNS) in 5th-grade classrooms of Elementary School, employing the UCT approach supported by the use of manipulative materials. The findings suggest that Unplugged Computational Thinking is an effective pedagogical strategy that facilitates the understanding of mathematical concepts, fosters problem-solving skills, and enhances students' comprehension of the structure and characteristics of the decimal number system. The research indicates that the implementation of UCT enabled participants to engage in collective discussions and argumentation, explore diverse solution strategies, and establish meaningful connections among mathematical ideas.

Keywords: unplugged computational thinking; decimal number system; manipulative materials; mathematics education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Os quatro pilares do Pensamento Computacional	21
Figura 2 - Estrutura do Currículo de Referência em Tecnologia e Computação.....	22
Figura 3 - Etapas de seleção dos trabalhos.....	30
Figura 4 - Nuvem de palavras dos termos presentes nas produções selecionadas.	32
Figura 5 - Ciclos em <i>Design Science Research</i>	45
Figura 6 - Principais Elementos do Modelo-DSR.....	46
Figura 7 - Modelo DSR adaptado para produção do Artefato.....	47
Figura 8 - Material impresso usado para a atividade “Que número é esse? 1ª Etapa”	56
Figura 9 - Material impresso usado para a atividade Que Número é Esse? 2ª Etapa.....	58
Figura 10 - Material Impresso usado para a atividade Desafio dos números.....	60
Figura 11 - Material Impresso usado para a atividade “Jogando os Números na Lousa”	61
Figura 12 - Material impresso usado para a atividade “Contando meu Dinheiro”	63
Figura 13 - Resposta desenvolvida por participante da pesquisa	66
Figuras 14 e 15 - Respostas desenvolvidas pelos participantes da pesquisa	68
Figura 16 - Resposta de um participante da pesquisa	68
Figuras 17, 18 e 19 - Respostas desenvolvidas pelos participantes da pesquisa.....	71
Figuras 20 e 21 - Respostas desenvolvidas pelos participantes da pesquisa	72
Figuras 22 e 23 - Resolução apresentada por participantes.	73
Figuras 24 e 25 - Respostas desenvolvidas pelos participantes da pesquisa	74
Figura 26 - Participante na atividade “Que Número é Esse? 1ª Etapa”	77
Figura 27 - Participação das crianças na atividade “Que Número é Esse? 1ª Etapa”	78
Figura 28 - Registros feitos pelos participantes da pesquisa.....	79
Figura 29 - Registro da atividade “Desafio dos Números 2º ciclo”	80
Figura 30 - Registro do momento de resolução do participante.....	82
Figura 31 - Registros feitos dos participantes na atividade “Desafio dos Números”	83
Figura 32 - Registros feitos pelos participantes da pesquisa.....	84
Figura 33 - Registro das representações feitas pela aluna	85
Figura 34 - Registros individuais dos participantes da pesquisa.....	86
Figura 35 - Registros feitos pelos participantes e compartilhados	87
Figura 36 - Representações feitas pelos alunos na atividade	88
Figura 37 - Representações feitas pelos alunos na atividade	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critérios para a revisão sistemática de literatura	28
Quadro 2 - Comparativo dos Estudos sobre PCD.....	39
Quadro 3 - Critérios da <i>Design Science Research</i>	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultados comparativos dos ciclos da atividade “Que número é esse?	93
Gráfico 2 - Comparação de resultados da 2ª etapa “Que Número é esse?”	96
Gráfico 3 - Resultados Comparativos entre Ciclos de Aplicação da Atividade “Desafio dos Números”	98
Gráfico 4 - Resultados comparativos entre ciclos de aplicação da atividade “Jogando os Números na Lousa”	101
Gráfico 5 - Resultados Comparativos entre Ciclos de Aplicação da Atividade Contando meu Dinheiro	103

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 - Realização da atividade “Contando meu Dinheiro”	63
Imagem 2 - Foto da atividade “Que Número é Esse?” sendo realizada	67
Imagens 3 e 4 - Foto da atividade “Desafio dos Números” sendo realizada	69
Imagem 5 - Foto da atividade “Desafio dos Números” sendo realizada	70
Imagem 6 - Atividade Jogando os Números na Lousa.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estratégias de pesquisa por base, idioma e respectivos resultados	29
Tabela 2: Referências e bases de dados das produções selecionadas	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEE	Atendimento Educacional Especializado
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior
CNCA	Compromisso Nacional Criança Alfabetizada (CNCA)
CNE	Conselho Nacional de Educação
CEB	Câmara de Educação Básica
CIEB	Centro de Inovação para a Educação Brasileira
CRTC	Currículo de Referência em Tecnologia e Computação
<i>CSTA</i>	<i>Computer Science Teachers Association</i>
<i>CSU</i>	<i>Computer Science Unplugged</i>
<i>DSR</i>	<i>Design Science Research</i>
EF	Ensino Fundamental
IFRS	Instituto Federal do Rio Grande do Sul
MC	Material Concreto
MEC	Ministério da Educação e Cultura
PC	Pensamento Computacional
PCD	Pensamento Computacional Desplugado
PCNS	Parâmetros Curriculares Nacionais
PE	Projeto Educacional
PPGEM	Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática
PPP	Projeto Político Pedagógico
QVL	Quadro Valor de Lugar
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
TDAH	Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TEA	Transtorno do Espectro Autista
SND	Sistema de Numeração Decimal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	15
2.1 PENSAMENTO COMPUTACIONAL.....	15
2.1.1 Pensamento Computacional Desplugado (PCD)	17
2.1.2 Quatro Pilares do Pensamento Computacional	20
2.1.3 Pensamento Computacional Desplugado e o ensino da Matemática.....	19
2.2 SISTEMA DE NUMERAÇÃO DECIMAL	22
2.3 MATERIAIS MANIPULATIVOS, MATEMÁTICA E PENSAMENTO COMPUTACIONAL DESPLUGADO	23
2.4 CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DO DESENVOLVIMENTO COGNITIVO.....	25
3 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA (RSL).....	26
3.1 APRESENTAÇÃO DO PROTOCOLO	27
3.2 RESULTADOS E ANÁLISES DAS PRODUÇÕES	29
3.3 ANÁLISE DA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITARATURA.....	31
3.4 CONTRIBUIÇÕES DA RSL PARA A PESQUISA	37
4 METODOLOGIA	39
4.1 IDENTIFICAÇÃO DA ESCOLA E DO PÚBLICO	40
4.2 O ESPAÇO ESCOLAR E A AÇÃO PEDAGÓGICA.....	41
4.3 DESIGN SCIENCE RESEARCH (DSR)	42
5 PRODUTO EDUCACIONAL	43
6 ATIVIDADES PROPOSTAS	52
6.1 PRIMEIRA ATIVIDADE: “QUE NÚMERO É ESSE? 1ª ETAPA”.....	54
6.1 SEGUNDA ATIVIDADE: “QUE NÚMERO É ESSE? 2ª ETAPA”	55
6.2 TERCEIRA ATIVIDADE: “DESAFIO DOS NÚMEROS”	57
6.3 QUARTA ATIVIDADE: “JOGANDO NÚMEROS NA LOUSA”	59
6.5 QUINTA ATIVIDADE: “CONTANDO MEU DINHEIRO”	61
7 APLICAÇÃO, RESULTADOS E ANÁLISES DOS CICLOS DA DSR.....	63
7.1 RESULTADOS DO 1º CICLO DE APLICAÇÃO DO CONJUNTO DE ATIVIDADES.....	64
7.1.1 Primeira Atividade: “Que Número é Esse? 1ª Etapa	64
7.1.2 Segunda Atividade: “Que Número é Esse? 2ª Etapa	66
7.1.3 Terceira Atividade: “Desafio dos Números”	68
7.1.4 Quarta Atividade: “Jogando Números na Lousa”	69

7.1.5 Quinta Atividade: “Contando meu Dinheiro”	71
7.1 RESULTADOS DO 2º CICLO DE APLICAÇÃO DO CONJUNTO DE ATIVIDADES	73
7.1.1 Resultados da Atividade “Que Números é Esse? 1ª Etapa.....	74
7.1.2 Resultados da Atividade “Que Número é Esse? 2ª Etapa.....	77
7.1.3 Resultados da Atividade “Desafio dos Números”	79
7.1.4 Resultados da Atividade “ Jogando os Números na Lousa”	81
7.1.5 Resultados da Atividade “Contando meu Dinheiro”	85
8 COMPARAÇÃO ENTRE OS CICLOS DE APLICAÇÃO.....	89
8.1 COMPARAÇÃO ENTRE OS CICLOS DE APLICAÇÃO DA ATIVIDADE “QUE NÚMERO É ESSE? 1ª ETAPA”	91
8.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS CICLOS DE APLICAÇÃO DA ATIVIDADE “QUE NÚMERO É ESSE? 2ª ETAPA”	94
8.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS CICLOS DE APLICAÇÃO DA ATIVIDADE “DESAFIO DOS NÚMEROS”	96
8.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS CICLOS DE APLICAÇÃO DA ATIVIDADE “JOGANDO OS NÚMEROS NA LOUSA	99
8.5 COMPARAÇÃO ENTRE OS CICLOS DE APLICAÇÃO DA ATIVIDADE “CONTANDO MEU DINHEIRO”	101
8.6 ANÁLISES DAS COMPARAÇÕES DOS CICLOS DA DSR.....	104
9 CONCLUSÕES	106
REFERÊNCIAS.....	111

1 INTRODUÇÃO

O cotidiano da sala de aula, aliado aos resultados da avaliação em rede Compromisso Nacional Criança Alfabetizada (CNCA) – uma política pública federal criada pelo Ministério da Educação (MEC) e aplicada no sistema municipal de ensino de Juiz de Fora (MG) –, evidencia fragilidades persistentes entre os alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental I, especialmente em relação à compreensão das características do Sistema de Numeração Decimal (SND) e procedimentos de cálculo. De acordo com dados obtidos pela CNCA, no primeiro trimestre do ano letivo de 2024, as turmas de 5º ano de uma escola da rede municipal demonstraram um cenário de aprendizagem heterogêneo: 26% das crianças estavam no nível de defasagem em relação aos conteúdos matemáticos; 36% estavam em nível intermediário; e apenas 38% demonstraram desempenho adequado. A análise por habilidades específicas elencadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para Matemática nos anos iniciais reforça esse quadro: das turmas avaliadas, num total de 58 crianças, apenas 19% acertaram questões relacionadas à habilidade composição e decomposição de números naturais, enquanto os desempenhos referentes à ordenação de números e ao valor posicional foram mais expressivos com 69% e 78% de acertos, respectivamente. Embora esses resultados apontem avanços pontuais, eles indicam necessidade de intervenções pedagógicas mais direcionadas para a compreensão das operações e da lógica estrutural do SND. A escolha pela avaliação do CNCA como evidência da pesquisa justifica-se por ser utilizada pela secretaria municipal de educação como indicador de desempenho escolar e por apresentar dados e prioridades educacionais, sendo base para intervenções pedagógicas do município.

Abordagens que reforçam a memorização das ordens e classes decimais, além de serem formas mecânicas de resolução dos algoritmos, negligenciam a compreensão e a reflexão a respeito do SND quanto a agrupamentos na base dez, valor posicional, conceito de zero, princípios aditivos e estratégias de cálculos. Tal prática educativa, de acordo com Silva (2011), faz com que “os alunos que não conseguem aprender esses conceitos que são básicos tenham dificuldades na aprendizagem de outros conteúdos matemáticos”. Segundo Amaral (2015), por meio da memorização dos algoritmos, a abordagem das regularidades do SND restringe-se ao ritual, usualmente utilizado pela escola, de “tomar emprestado” e “subir” o algarismo para a “casa” das dezenas e centenas.

Diante da necessidade de um ensino em que o raciocínio e a lógica matemática favoreçam a aprendizagem do SND, o Pensamento Computacional (PC) apresenta-se como uma abordagem mencionada no documento norteador para o ensino de Matemática em vigor – a BNCC (2018) – que preconiza como competências “Desenvolver o raciocínio lógico, o espírito de investigação e a capacidade de produzir argumentos convincentes, recorrendo aos conhecimentos matemáticos para compreender e atuar no mundo”. Competências estas, que podem auxiliar no processo de ensino e aprendizagem do SND, melhorando o desempenho dos alunos e, conseqüentemente, seus resultados em avaliações posteriores.

Jeanette Wing (2006) discute a necessidade de desenvolver no cidadão habilidades e competências oriundas das Ciências da Computação e aplicadas a qualquer área de atuação. De acordo com a autora, esse conhecimento denominado PC estimula a capacidade analítica e investigativa, promove processos de raciocínio lógico aplicados nas situações que envolvem a natureza, a sociedade, a ciência e a tecnologia.

Partindo do princípio de que o Pensamento Computacional Desplugado (PCD) promove avanços no processo de aprendizagem sem utilização de ferramentas tecnológicas, esta pesquisa descreve um conjunto de atividades desenvolvidas e aplicadas com uso de materiais manipulativos sob a orientação do PCD com o objetivo demonstrar a viabilidade dessa abordagem empregada no conteúdo matemático.

Diante das evidências já apresentadas, torna-se possível compreender que a questão de pesquisa emerge diretamente da realidade observada em sala de aula, bem como de dados divulgados pelo CNCA. Esses elementos confirmam que significativa parcela dos estudantes dos anos iniciais do Ensino Fundamental (EF) enfrenta dificuldades relevantes na compreensão do SND. Tais dificuldades manifestam-se, sobretudo, na elaboração de estratégias de cálculo e na aplicação adequada de procedimentos como o “vai um” e o “pedir emprestado”. Esses aspectos evidenciam urgência de práticas pedagógicas mais intencionais e fundamentadas, capazes de fomentar o desenvolvimento do raciocínio numérico e de consolidar, desde os primeiros anos escolares, conceitos estruturantes da Matemática.

A partir dos dois indicadores, a professora-pesquisadora inicia uma reflexão sobre o ensino e a busca por novas abordagens para aprendizagem da Matemática, especificamente em relação ao ensino do SND elaborando a seguinte questão norteadora: Como o PCD pode potencializar o processo de ensino aprendizagem do SND nos anos iniciais do Ensino Fundamental?

Mediante a elaboração da questão, o objetivo geral consiste em verificar a contribuição do PCD como abordagem pedagógica para resolução de problemas relacionados à compreensão

do SND em sala de aula.

Para tal, foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- 1) Introduzir o PCD de forma metodológica nas propostas educativas elaboradas;
- 2) Produzir objetos de aprendizagem que visem à apresentação, à discussão e ao desenvolvimento de habilidades e competências do PCD, nas salas de aulas dos anos iniciais;

Estimular avanços no processo de aprendizagem e de desenvolvimento cognitivo dos educandos na disciplina de Matemática realizando intervenções com atividades desplugadas;

- 3) Refletir sobre o efeito das atividades propostas no desenvolvimento do PCD.

A metodologia Design Science Reserach (DSR), de caráter interventivo, mostra-se adequada para pesquisas que buscam desenvolver soluções inovadoras e aplicáveis a problemas concretos do contexto educacional.

Na presente pesquisa, a DSR orienta o processo de concepção, implementação e avaliação de artefatos e propostas pedagógicas voltadas à introdução do Pensamento Computacional Desplugado (PCD) nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Essa abordagem permite que o desenvolvimento dos objetos de aprendizagem e das atividades desplugadas seja conduzido de forma sistemática, articulando fundamentos teóricos e prática pedagógica, de modo a potencializar a aprendizagem matemática e o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, ao mesmo tempo em que possibilita avaliar e aperfeiçoar continuamente os artefatos e estratégias empregadas

Com o intuito de orientar o leitor, este texto está estruturado da seguinte forma: além da Introdução, no Capítulo 2, apresenta-se o Referencial Teórico, que fundamenta a pesquisa e estabelece aos conceitos e abordagens necessários à compreensão do tema. O Capítulo 3 traz a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e suas respectivas análises, fornecendo uma visão abrangente do estado da arte e servindo de base para as decisões metodológicas. No Capítulo 4, descreve-se a metodologia Design Science Research (DSR), abordagem que sustenta a investigação, evidenciando seus ciclos, etapas e aplicabilidade ao contexto educacional.

O Capítulo 5 detalha o Produto Educacional desenvolvido, enquanto o Capítulo 6 apresenta as atividades propostas e implementadas para a coleta de dados.

O Capítulo 7 expõe a aplicação prática, os resultados obtidos e as análises realizadas em cada ciclo da DSR. No Capítulo 8, procede-se à comparação entre os diferentes ciclos de aplicação, identificando avanços, ajustes e aprendizados decorrentes do processo. Por fim, o Capítulo 9 apresenta as conclusões, sintetizando as contribuições da pesquisa, as implicações para a prática docente e as perspectivas para investigações futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico constitui a base conceitual e científica que sustenta a presente investigação, permitindo compreender, contextualizar e justificar as escolhas metodológicas e pedagógicas adotadas. Neste capítulo, são apresentados os aportes teóricos que fundamentam a pesquisa, cujo foco recai sobre o desenvolvimento do Pensamento Computacional em alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental. A estrutura do capítulo organiza-se em três seções inter-relacionadas: na seção 2.1, discute-se o conceito de Pensamento Computacional, composta pelas subseções 2.1.1 que aborda o Pensamento Computacional Desplugado, 2.1.2 os quatro pilares que o estruturam — decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmo, 2.1.3 Pensamento Computacional Desplugado e sua interface no ensino da Matemática. Em seguida, a seção 2.2 explora as características e as estratégias de ensino do Sistema de Numeração Decimal, estabelecendo conexões diretas com as habilidades promovidas pelo Pensamento Computacional. Na seção 2.3 apresenta a concepção, a aplicação e as potencialidades de materiais manipulativos, destacando seu papel como recurso pedagógico que favorece tanto a compreensão dos conceitos numéricos quanto o desenvolvimento do raciocínio lógico-estrutural. Por fim na seção 2.4 os conceitos da Teoria Piaget e sua consonância com o Pensamento Computacional Desplugado. Dessa forma, os conceitos discutidos nas três seções articulam-se de modo a oferecer um quadro teórico integrado, que sustenta a análise e a proposição de práticas inovadoras no ensino de Matemática.

2.1 PENSAMENTO COMPUTACIONAL

Atualmente, com a ocorrência de várias mudanças sociais, as pessoas estão diariamente imersas na Cultura Digital que aborda a capacidade dos indivíduos de interagirem de maneira crítica, ética e criativa no mundo digital, produzindo e analisando conteúdos de forma reflexiva e utilizando as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC). A diversidade de ferramentas digitais, a multiplicidade de pessoas conectadas na *Internet*, o compartilhamento de dados, a utilização de *softwares*, tutoriais e jogos educativos chegam às

pessoas numa velocidade impressionante.

Dessa forma, as tecnologias têm propiciado mudanças no comportamento das pessoas, no modo como se relacionam, nas formas de ensinar e aprender (Moran, 2000), enfim, o uso da tecnologia estende-se às mais diversas atividades do cotidiano, desde o contato por redes sociais e a busca por informações, passando por compra de produtos na internet e por jogos *online*, até realização de transações comerciais e estudo.

Nesse contexto, a computação tornou-se universal, devido ao desenvolvimento e à inserção de conceitos nas diversas áreas de conhecimento e ensino. Conceitos da computação propiciam a elaboração de estratégias e Artefatos educacionais facilitadores do ensino e da aprendizagem. Os impactos desses conceitos oriundos da Ciência da Computação na educação são evidenciados e disseminados por pesquisadores como Seymour Papert, autor de obras de referência como *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas* (Papert, 1980), em que trazem a metodologia LOGO como nova maneira de pensar a aprendizagem.

No século XXI, Jeanette Wing (2006) discute a necessidade de desenvolver no cidadão habilidades e competências oriundas da Ciência da Computação e aplicadas a qualquer área de atuação. Esse conhecimento é denominado PC que, de acordo com Wing (2006), estimula a capacidade analítica e investigativa, promove processos de raciocínio lógico aplicados em situações que envolvem a natureza, a sociedade, a ciência e a tecnologia.

O PC segundo Wing (2006), é “uma habilidade fundamental, não mecânica. Uma habilidade fundamental é algo que todo ser humano deve saber para atuar na sociedade moderna. [...]”. Apesar de o PC consistir em conceitos da Ciência da Computação e de ser relativamente comum associarmos o uso de ferramentas tecnológicas, para Wing (2006, p. 35), o PC está ligado a “uma forma que humanos, não computadores, pensam. Pensamento computacional é uma forma para seres humanos resolverem problemas; não é tentar fazer com que seres humanos pensem como computadores [...]”.

Wing (2011; 2017) define o Pensamento Computacional como um processo de pensamento que inclui a criação de problemas e suas soluções, a fim de que eles sejam representados de tal forma que um agente – humano ou máquina – possa realizá-los corretamente. Trata-se de uma atividade mental que visa formular e resolver problemas. Em outras palavras, é a ação de reformular um problema complicado, tornando fácil sua solução.

Assim, o conceito amplo de Pensamento Computacional encontra no Pensamento Computacional Desplugado uma abordagem prática e acessível, que preserva seus fundamentos como a decomposição, o reconhecimento de padrões, a abstração e a criação de algoritmos ao mesmo tempo em que os torna compreensíveis e aplicáveis mesmo sem o uso de recursos tecnológicos digitais.

2.1.1 Pensamento Computacional Desplugado (PCD)

A utilização das tecnologias e a compreensão dos conceitos da computação é algo fundamental no cotidiano das pessoas, sendo inegável sua inserção nas escolas, desde os anos iniciais da Educação Fundamental. O ensino da programação e dos conceitos da computação já faz parte do currículo formal de diversos países da Europa (Balanskat; Engelhardt, 2014), da Austrália (Mandaio; Sensato, 2020) e dos Estados Unidos (Csta, 2017), sendo, no Brasil, preconizado na BNCC (2018). Entretanto observa-se na educação brasileira, em geral, dificuldade de incorporar o ensino de computação e a adoção de uma cultura digital nas escolas, principalmente na rede pública, no que se refere à Educação Básica. Diversos autores elencam os seguintes fatores que impedem a efetivação do ensino da computação nas escolas: formação inadequada do professor, rápido avanço das tecnologias, infraestrutura precária das escolas, bem como falta de tempo do professor para apropriar-se dessas tecnologias.

Uma alternativa para mediar tal quadro na tentativa de universalizar o acesso ao conhecimento oriundo da computação seria a utilização do PCD, uma abordagem que possibilita desenvolver nos alunos a habilidade de resolver problemas e conceitos da computação sem usar dispositivos eletrônicos. Com atividades práticas e interativas, os alunos atuam utilizando recursos simples. A ideia é que eles possam aprender e usar os fundamentos da computação em atividades práticas e interativas com materiais manipulativos, jogos e desafios. De acordo com Brackmann em sua tese:

Em vez de participar de uma aula expositiva, as atividades desplugadas ocorrem frequentemente através da aprendizagem cinestésica¹ (e.g. movimentar-se, usar cartões, recortar, dobrar, colar, desenhar, pintar, resolver enigmas, etc.) e os estudantes trabalham entre si para aprender conceitos da Computação. Trabalhar com objetos tangíveis do mundo real é um princípio central do construcionismo de Papert (Brackmann, 2017, p.25).

Brackmann (2017), em sua tese de doutorado, investiga o PC com atividades desplugadas, ou seja, sem a utilização de aplicativos ou dispositivos eletrônicos, como sendo a capacidade criativa, crítica e estratégica de utilizar os conceitos da computação:

O Pensamento Computacional é uma distinta capacidade criativa, crítica e estratégica humana de saber utilizar os fundamentos da Computação, nas mais diversas áreas do conhecimento, com a finalidade de identificar e resolver problemas, de maneira individual ou colaborativa, através de passos claros, de tal forma que uma pessoa ou uma máquina possam executá-los eficazmente (Brackmann, 2017, p. 29).

Um dos primeiros trabalhos registrados com o conceito de PCD é realizado por Bell *et al.* (1997): lançaram o rascunho de “Computer Science Unplugged... Off-line activities and games for all ages” – um livro em formato digital para professores de todos os níveis escolares, introduzindo, assim, os conceitos da Ciência da Computação de forma acessível e divertida. De acordo com Brackmann (2017), a maioria das atividades são para desenvolver programação de computadores e ensinar habilidades da computação. Entretanto uma revisão sistemática sobre PC realizada por Kalelioglu *et al.* (2016) indica que a abordagem desplugada tem sido utilizada por instituições de ensino, professores e pesquisadores para ensinar as habilidades de PC em diversas áreas de conhecimento. O PCD favorece uma aprendizagem concreta e divertida, sem o uso de dispositivos tecnológicos. O Pensamento Computacional Desplugado integra os quatro pilares (decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmo) em atividades concretas que favorecem a compreensão e a aplicação desses processos de forma lúdica e acessível.

2.1.2 Quatro pilares do Pensamento Computacional

Muitos conceitos e definições de PC são discutidos desde que Wing (2006) difunde essa abordagem aplicada no ensino e demais áreas de conhecimento. Entretanto há consenso no meio científico de que o processo de resolução de problemas baseia-se em quatro habilidades ou pilares fundamentais: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmo. De acordo com Liukas (2015), o PC engloba pensamento lógico, habilidade de reconhecimento de padrões nas soluções de problemas, raciocínio por meio de algoritmos, decomposição, fragmentação e abstração de um problema.

Em sua tese, Brackmann (2017) descreve os quatro pilares da seguinte forma:

O Pensamento Computacional envolve identificar um problema complexo e quebrá-lo em pedaços menores e mais fáceis de gerenciar (DECOMPOSIÇÃO). Cada um desses problemas menores pode ser analisado individualmente com maior profundidade, identificando problemas parecidos que já foram solucionados anteriormente (RECONHECIMENTO DE PADRÕES), focando apenas nos detalhes que são importantes, enquanto informações irrelevantes são ignoradas (ABSTRAÇÃO). Por último, passos ou regras simples podem ser criados para resolver cada um dos subproblemas encontrados (ALGORITMOS) (Brackmann, 2017, p. 33).

O pilar da decomposição consiste em dividir um problema em partes menores e resolver uma de cada vez para facilitar sua solução (Brackmann, 2017). Segundo Papert (1985), o fato de dividir o conhecimento em fragmentos permite que ele seja melhor transmitido, absorvido e compreendido.

O reconhecimento de padrões pode ser entendido como uma habilidade de identificar similaridades e padrões em resoluções de problemas anteriores que possam ser aplicáveis em outras situações, permitindo a resolução rápida e eficaz de questões semelhantes.

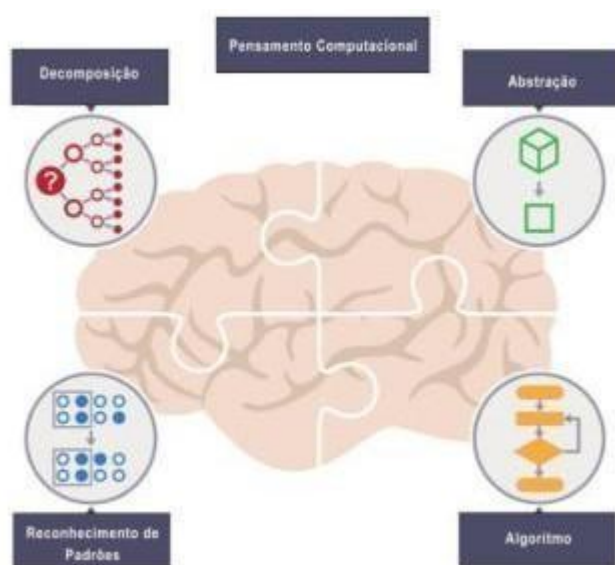
A abstração é o processo de separar informações importantes e necessárias para a resolução de cada parte do problema, ignorando as irrelevantes. Liukas (2015) define a abstração como um processo de separação de detalhes não necessários para poder concentrar-se em aspectos importantes. Trata-se da habilidade de filtrar e classificar dados. Alguns pesquisadores, como Wing (2011; 2017), entendem a abstração como a mais relevante das habilidades já que é o processo de pensamento no PC que nos permite dimensionar e administrar a complexidade.

A habilidade de organizar um algoritmo consiste em elaborar regras ou um conjunto de regras para a solução de um problema. De acordo com Brackmann (2017, p. 41), “algoritmos devem ser entendidos como soluções prontas, pois já passaram pelo processo de decomposição, abstração e reconhecimento de padrões para sua formulação”. Esse pilar agrega todos os outros pilares.

O Pensamento Computacional Desplugado conecta-se ao ensino de Matemática ao promover, por meio de atividades concretas e sem uso de tecnologia digital, o desenvolvimento do raciocínio lógico, da resolução estruturada de problemas e da compreensão de conceitos matemáticos de forma ativa e significativa.

A seguir, a Figura 1 permite visualizar os quatro pilares que fundamentam o PC.

Figura 1 - Os quatro pilares do Pensamento Computacional.



Fonte: Adaptado de BBC Learning (2021)

A concepção de PC orientadora desta pesquisa baseia-se nos quatro pilares supracitados.

2.1.3 Pensamento Computacional Desplugado e o ensino da Matemática

No ano de 2022, é anexado à BNCC um documento complementar homologado pelo Ministério da Educação denominado “Normas sobre Computação na Educação Básica – Complemento à Base Nacional Comum Curricular”, que regulamenta habilidades e competência para o Ensino de Computação na Educação Básica brasileira. O documento considera os processos e as aprendizagens referentes à computação preconizados na BNCC com o objetivo de aprofundar conceitos e habilidades relacionados à computação na educação básica. Além disso fornece diretrizes e orientações para apoiar as redes de ensino na inserção da tecnologia e da computação de forma transversal.

Mediante esse documento, o Centro de Inovação para a Educação Brasileira (CIEB) elaborou o Currículo de Referência em Tecnologia e Computação (CRTC), que ajuda as redes públicas de ensino da educação básica no planejamento de processos de ensino e aprendizagem relacionados às tecnologias digitais. O referido currículo dispõe de três eixos – Cultura Digital, Tecnologia Digital e Pensamento Computacional –, os quais são subdivididos em dez conceitos.

Cada conceito permite o aprimoramento de uma ou mais das 147 habilidades para as quais são propostas atividades pedagógicas compatíveis com as habilidades e competências sugeridas na BNCC. Na Figura 2 estão representados os três eixos e seus respectivos conceitos que compõem a estrutura do currículo.

Figura 2 - Estrutura do Currículo de Referência em Tecnologia e Computação.



Fonte: Página do CIEB (2022).

Entre os três principais eixos do currículo, o referente ao PC e os conjuntos de conceitos abordados serão destacados neste trabalho, principalmente os que dão ênfase no início do Ensino Fundamental (EF).

A BNCC faz menção ao termo PC associado à Matemática como uma estratégia para “traduzir” situações-problema da língua materna para outros formatos, podendo ser compreendidos por sistemas digitais (Brasil, 2018). Da mesma forma relaciona a aprendizagem da Matemática com o desenvolvimento do PC quando salienta os alunos nas unidades temáticas da álgebra, dos números, da geometria e probabilidade e da estatística:

Precisam ser capazes de traduzir uma situação dada em outras linguagens, como transformar situações-problema, apresentadas em língua materna, em fórmulas, tabelas e gráficos e vice-versa; a importância dos algoritmos e de seus fluxogramas [...]. Um algoritmo é uma sequência finita de procedimentos que permite resolver um problema; a identificação de padrões para se estabelecer generalizações, propriedades e algoritmos (Brasil, 2018, p. 271).

O PC está associado à BNCC e ao ensino da Matemática na medida em que promove habilidades compatíveis e reforça a importância de se desenvolverem competências em comum:

Na Matemática escolar, o processo de aprender uma noção em um contexto, abstrair e depois aplicá-la em outro contexto envolve capacidades essenciais, como formular, empregar, interpretar e avaliar – criar, enfim –, e não somente a resolução de enunciados típicos que são, muitas vezes, meros exercícios e apenas simulam alguma aprendizagem. Assim, algumas das habilidades formuladas começam por: ‘resolver e elaborar problemas envolvendo...’ [...] (Brasil, 2018, p. 277).

Essa contextualização evidencia a relevância do documento complementar à BNCC (2022) e do Currículo de Referência em Tecnologia e Computação para a presente pesquisa, pois

ambos reforçam a importância de inserir o Pensamento Computacional de forma estruturada e transversal na Educação Básica, articulando-o diretamente ao ensino da Matemática. O alinhamento entre os referenciais normativos e as práticas docentes sustenta a proposta desta investigação, que busca explorar o Pensamento Computacional Desplugado como estratégia didática para potencializar a compreensão de conteúdos matemáticos nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

2.2 SISTEMA DE NUMERAÇÃO DECIMAL

O objetivo desta seção sobre o Sistema de Numeração Decimal é destacar a importância desse conhecimento como fundamento para a aprendizagem da Matemática nos anos iniciais do Ensino Fundamental, uma vez que ele sustenta a compreensão das operações aritméticas, do cálculo mental e de diversos outros conceitos matemáticos, por ser um eixo estruturante para a alfabetização matemática e por estar diretamente relacionado aos insucessos e avanços no processo de ensino-aprendizagem da Matemática.

A BNCC orienta que os alunos, desde o início do EF, desenvolvam habilidades de escrita, leitura e ordenação de números naturais (Brasil, 2017). Esse documento ressalta a importância de os alunos começarem a trabalhar com atividades que incluam leitura, escrita, comparação e ordenação de notações numéricas desde o início de sua vida escolar. Além disso, os educandos devem ter uma compreensão do significado do número natural e das características do SND.

Por outro lado, observamos pesquisas e artigos voltados a compreender e a investigar por que educandos do EF apresentam dificuldades na área da Matemática, principalmente em atividades que envolvem especificamente operações aritméticas e seus algoritmos. Verifica-se que a incompreensão dos sentidos das operações bem como das características do SND, a falta de desenvolvimento do cálculo mental podem ser causa de tantos insucessos no processo de ensino e aprendizagem da Matemática.

Nesse contexto, abordar o SND nesta pesquisa torna-se necessário para evidenciar os desafios e as possibilidades de um ensino que vá além da memorização e favoreça a construção ativa do conhecimento matemático.

Os resultados de investigações realizadas por Lerner e Sadovsky (1995) indicam que a abordagem da escola nos anos iniciais do EF necessita ser modificada quando se trata da escrita numérica e dos princípios lógicos do SND.

Segundo Berti e Carvalho (2007, p.7) “muitas crianças completam a primeira e ingressam na segunda fase do ensino fundamental apresentando problemas conceituais elementares, relacionados ao sistema de numeração decimal e às quatro operações básicas”.

Em seu estudo, Biondo (2017) alerta que o uso de procedimentos e técnicas tradicionais, como a utilização exclusiva de manuais escolares, reforça processos mecanizados de aprendizagem que intensificam a memorização como prática educativa e ignora a compreensão. Inspiradas nas teorias psicogenéticas, Lerner e Sadovsky (1996), ao avaliarem o processo de construção da notação numérica, consideram que o ensino do SND passa por um problema didático. Deve-se considerar que as crianças, antes de entrarem na escola, constroem seus conceitos em relação à notação numérica a partir de suas experiências prévias. Para Lerner e Sadovsky (1996, p.74), “como a numeração escrita existe não só dentro da escola, mas também fora dela, as crianças têm oportunidade de elaborar conhecimentos acerca deste sistema de representação muito antes de ingressar na primeira série”.

De acordo com Lorenzato (2006), a avaliação do conhecimento dos estudantes sobre o SND é uma tarefa difícil, uma vez que esse sistema é complexo, sendo necessário analisar vários aspectos em diferentes atividades: correspondência, comparação, classificação, sequenciação, seriação, inclusão, conservação.

Diante do exposto, o ensino do Sistema de Numeração Decimal ganha maior significado quando associado ao uso de materiais manipuláveis, pois favorecem à concretização das ideias abstratas, contribuindo para a compreensão e o desenvolvimento do raciocínio matemático.

2.3 MATERIAIS MANIPULATIVOS, MATEMÁTICA E PENSAMENTO COMPUTACIONAL DESPLUGADO

O objetivo dessa seção é discutir a relevância do uso de recursos concretos no ensino da Matemática, articulando-os com as propostas do Pensamento Computacional Desplugado. Busca-se evidenciar como os materiais manipulativos podem favorecer a compreensão de conceitos matemáticos de forma lúdica e significativa, promovendo a construção ativa do conhecimento. Além disso, pretende mostrar que, ao serem integrados a atividades de Pensamento Computacional sem o uso de tecnologia digital, esses recursos contribuem para o desenvolvimento de habilidades como decomposição, identificação de padrões, abstração e elaboração de estratégias, ampliando as possibilidades de desenvolvimento de habilidades relacionadas a aprendizagem da Matemática.

Autores e educadores usam diferentes termos para conceituar materiais concretos, como instrumentos de aprendizagem, objetos de aprendizagem, artefatos didáticos, materiais manipuláveis, materiais didáticos, e assim por diante.

Berman apud Freitas (2004, p. 46) define materiais concretos ou materiais manipulativos como “aqueles objetos concretos que, quando manipulados ou operados pelo aluno e pelo professor, fornecem uma oportunidade para atingir certos objetivos”.

Algumas características pedagógicas e definições teórico-metodológicas buscam distinguir e orientar a utilização de jogos e materiais manipulativos na sala de aula de matemática para evitar equívocos didáticos e conceituais e mostrar como os professores podem usar esses recursos em sua prática pedagógica. Lorenzato (2006, p. 21) afirma que o Material Concreto (MC) “pode ser um excelente catalisador para o aluno construir o seu saber matemático”, dependendo da maneira como o professor trabalha os conteúdos.

É importante destacar que, apesar dos benefícios didáticos, pedagógicos e metodológicos das práticas educativas que recorrem aos materiais manipulativos, a simples utilização desses recursos não resulta em melhorias no aprendizado. É necessário que, ao escolher determinados materiais manipulativos, não se observe apenas sua atratividade lúdica ou seu caráter diferenciado, pois essa ideia desconsidera a importância de uma ação educativa planejada. Alguns pesquisadores (Grando, 1995, 2000; Muniz, 2010; Raupp, Grando, 2016; Magina, Castro, Fonseca, 2020; Barbosa, Ribeiro, 2022) consideram que o uso de jogos e materiais manipulativos podem possibilitar a aquisição do conhecimento. Isso se deve ao fato de que recursos ajudam tanto a desenvolver as habilidades socioemocionais quanto a aprender matemática.

É fundamental oferecer aos alunos situações de aprendizagem em que os conceitos a serem explorados sejam elaborados a partir da ação dos alunos. Desse modo, é necessário criar condições, momentos de significação e ressignificação no processo de aquisição do conhecimento. Utilizar recursos manipuláveis é uma oportunidade para os professores no processo de abstração fundamental no ensino de matemática (Lorenzato, 2010).

O objetivo das atividades respaldadas por esses recursos é incentivar os alunos a pensar em estratégias e explorar situações que podem surgir como resultado do uso do Material Manipulativo. Sendo assim, auxilia o desenvolvimento do raciocínio matemático, lógico e argumentativo, bem como promove situações de aprendizagem que possibilitem a formulação de problemas e a busca de soluções (Barbosa; Ribeiro, 2022).

As práticas pedagógicas que estimulam a exploração, a investigação e a abstração de conceitos utilizando como suporte materiais manipulativos mostram-se eficientes na aprendizagem de conceitos matemáticos e favorecem o PCD. Isso ocorre porque essa abordagem visa ao desenvolvimento de capacidades relacionadas ao fato de compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar, automatizar problemas e suas soluções de forma metódica e sem o uso de ferramentas tecnológicas.

Tal prática aproxima-se de uma concepção de aprendizagem em que os alunos trabalham juntos, com objetos tangíveis do mundo real baseados no princípio fundamental do construcionismo de Papert (Papert; Harel, 1991).

A integração desses elementos pode potencializar o processo de ensino e aprendizagem. Os materiais manipulativos permitem que os estudantes transformem ideias abstratas em experiências concretas, facilitando a compreensão de conceitos matemáticos. A Matemática, por sua vez, constitui o campo de conhecimento em que tais recursos se aplicam, sendo fundamental para o desenvolvimento do raciocínio lógico e da autonomia intelectual. Já o Pensamento Computacional Desplugado amplia esse processo ao estimular habilidades cognitivas como decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e elaboração de estratégias sem a necessidade de recursos tecnológicos digitais.

2.4 CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DO DESENVOLVIMENTO COGNITIVO

Os conceitos propostos por Piaget acerca do conhecimento lógico-matemático, da abstração empírica e reflexiva e do desenvolvimento da autonomia serão mobilizados nesta pesquisa como fundamentos teóricos para a análise e a elaboração das atividades. Ao relacionar tais princípios ao ensino do pensamento computacional desplugado, pretende-se evidenciar como o uso de materiais manipuláveis possibilita à criança vivenciar experiências concretas, favorecendo a abstração empírica, ao mesmo tempo em que, ao refletir sobre suas próprias ações e estratégias, desenvolve a abstração reflexiva e amplia sua autonomia intelectual.

Segundo Jean Piaget, o conhecimento lógico-matemático não é transmitido de forma direta pelo meio externo, mas construído ativamente pela criança a partir de suas ações sobre os objetos e das relações que estabelece entre eles.

Nesse processo, destacam-se dois tipos de abstração: a abstração empírica, que se refere às informações retiradas diretamente dos objetos pela experiência sensorial, e a abstração reflexiva, que ocorre quando a criança toma consciência de suas próprias ações e coordenações mentais, permitindo a formação de noções mais elaboradas. Através desse movimento, o sujeito desenvolve gradativamente a autonomia intelectual, compreendida por Piaget como a capacidade de pensar por si mesmo, formular hipóteses, justificar ideias e tomar decisões. Assim, para Piaget, o desenvolvimento do pensamento lógico-matemático ocorre de maneira processual, por meio da interação entre a experiência concreta e a atividade intelectual, sendo fundamental para a formação do raciocínio abstrato e para a compreensão de conceitos matemáticos ao longo da escolarização.

Esses conceitos dialogam diretamente com a noção de abstração presente na abordagem do pensamento computacional, entendida como a capacidade de identificar aspectos essenciais de um problema, eliminar informações irrelevantes e criar representações simplificadas que orientem a formulação de soluções. Nessa perspectiva, a abstração empírica aproxima-se do contato inicial dos estudantes com materiais manipuláveis e situações concretas, enquanto a abstração reflexiva corresponde ao processo de generalização e sistematização das experiências, que se traduz na construção de algoritmos, padrões e modelos aplicáveis a diferentes contextos. Assim, tanto na teoria piagetiana quanto no pensamento computacional, a abstração constitui elemento central para o desenvolvimento do raciocínio lógico, da capacidade de resolução de problemas e da autonomia intelectual, fundamentos que sustentam a presente pesquisa.

Essa perspectiva reforça a importância de propor atividades que não se restrinjam à reprodução mecânica de procedimentos, mas que incentivem a construção ativa do conhecimento, o raciocínio lógico e a tomada de decisões, aspectos essenciais tanto para a aprendizagem matemática quanto para a consolidação do pensamento computacional no contexto dos anos iniciais do Ensino Fundamental.

3 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Este capítulo apresenta o desenvolvimento de uma Revisão Sistemática da Literatura RSL, cuja finalidade é identificar, analisar e discutir pesquisas que tratam do ensino do Sistema de Numeração Decimal e suas articulações com metodologias inovadoras. A escolha por esse procedimento metodológico permite mapear produções acadêmicas que evidenciem avanços, desafios e lacunas no ensino desse conteúdo, especialmente quando apoiado pela abordagem do Pensamento Computacional Desplugado. Dessa forma, a RSL estabelece a base teórica necessária para compreender como tais práticas podem contribuir para a superação de dificuldades históricas no aprendizado do Sistema de Numeração Decimal.

O capítulo está estruturado em quatro partes principais. Inicialmente, na seção 2.1 apresenta-se o protocolo adotado, detalhando os critérios de busca, seleção e análise dos estudos que compõem a revisão. Em seguida, na seção 2.2 é apresentado os resultados e análises das produções, na qual são discutidos os trabalhos encontrados, suas contribuições e principais tendências relacionadas ao ensino do Sistema de Numeração Decimal e ao Pensamento Computacional Desplugado. Na seção 2.3 são realizadas as análises da RSL e, por fim, na seção 2.4 apresenta-se as contribuições da RSL para a pesquisa, sintetizando as lacunas identificadas, destacando aspectos pouco explorados na literatura e que justificam a relevância da presente pesquisa.

3.1 APRESENTAÇÃO DO PROTOCOLO

Delineada pela temática da pesquisa e por um protocolo de busca, foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) para encontrar estudos que contribuíssem para o trabalho.

De acordo com Kitchenham e Charters (2007, p. 2), uma RSL consiste em “uma forma de estudo secundário que utiliza uma metodologia bem definida para identificar, analisar e interpretar todas as evidências disponíveis a respeito de uma questão de pesquisa particular de maneira imparcial e repetível”. Essa definição orientou a elaboração do protocolo de busca.

A RSL foi demarcada pela seguinte questão de pesquisa: Como o Pensamento Computacional Desplugado pode potencializar o processo de ensino-aprendizagem do Sistema de Numeração Decimal nos anos iniciais do Ensino Fundamental? A partir da questão de pesquisa e por se tratar de uma revisão sistemática (método sistemático de busca), foram elaborados critérios de busca e seleção de trabalhos que pudessem contribuir para o tema. Esses critérios abrangiam bases de dados, palavras-chave, idiomas dos estudos, string de busca, tipos de publicações e critérios de inclusão e exclusão, os quais estão elencados no Quadro I.

Quadro 1 - Critérios para a revisão sistemática de literatura.

Critérios	Descrição
Fontes Seleccionadas	Bases de dados eletrônicas: Portal de Periódicos da CAPES, Google Acadêmico, SBCOPENLIB e Scopus.
Palavras-chave	Pensamento Computacional Desplugado, Sistema de Numeração Decimal, Educação Matemática, Anos Iniciais e Materiais manipuláveis ou concretos.
Idioma do estudo	Português
String de busca	(“Pensamento Computacional Desplugado”) AND (“Sistema de Numeração Decimal”) AND (“Educação Matemática” OR “Matemática”) AND (“Anos Iniciais” OR “Ensino Fundamental”)
Tipos de publicação	Artigos
Critérios de Inclusão	Os textos devem possuir resumo e texto completo disponíveis; serem revisados por pares; terem relação com o desenvolvimento do Pensamento Computacional no ensino aprendizagem do Sistema de Numeração Decimal e a Educação Matemática; terem sido publicados entre 2019 a 2024; ter sido publicado em Português e estarem relacionados aos anos iniciais do Ensino Fundamental.
Critérios de Exclusão	Textos que não possuem resumo e texto completo disponíveis; que não tem relação com o Pensamento Computacional no ensino do Sistema de Numeração Decimal e a Educação Matemática; publicados antes de 2019; não terem sido publicados Português; não estarem relacionados aos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Aplicou-se a *string* elaborada para a pesquisa, e as buscas foram realizadas nas bases de dados eletrônicas: Portal de Periódicos da CAPES, Google Acadêmico, SBCOPENLIB e Scopus. durante o período de 20/04/2024 a 29/07/2024.

A escolha dessas bases de dados deve-se ao fato de oferecerem publicações nacionais atualizadas nas várias áreas de conhecimento e, no caso do Google Acadêmico, apresentarem inúmeras fontes de acesso gratuitas. A seguir, a *string* utilizada para a busca dos trabalhos científicos: (“Pensamento Computacional Desplugado”) AND (“Sistema de Numeração Decimal”) AND (“Educação Matemática” OR “Matemática”) AND (“Anos Iniciais OR “Ensino Fundamental”).

Assim, com a aplicação da *string*, foram localizados inicialmente 114 documentos detalhados por quantitativos e bases de dados, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Estratégia de pesquisa por base, idioma e respectivos resultados.

Idioma/ <i>String</i>	Base de Dados			
	Periódicos da CAPES	Google Acadêmico	Scopus	SBCOPENLIB
Português	Quantitativo por Base de Dados			
(“Pensamento Computacional Desplugado”) AND (“Sistema de Numeração Decimal”) AND (“Educação Matemática” OR “Matemática”) AND (“Anos Iniciais OR “Ensino Fundamental”)	15	86	3	10
Total Geral	114 publicações			

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Após a leitura dos títulos, palavras-chave e resumos, foram selecionadas seis produções para análise. Os estudos selecionados são dos últimos cinco anos com o objetivo de utilizar pesquisas mais recentes mediante o aumento e a rápida atualização dos trabalhos relacionados ao PC. Essas publicações foram submetidas à avaliação do sistema CAPES *WebQualis* de 2017-2020, contudo, em algumas delas, como a data do quadriênio não era compatível com a data de publicação destes artigos, não se encontrou nenhum resultado registrado.

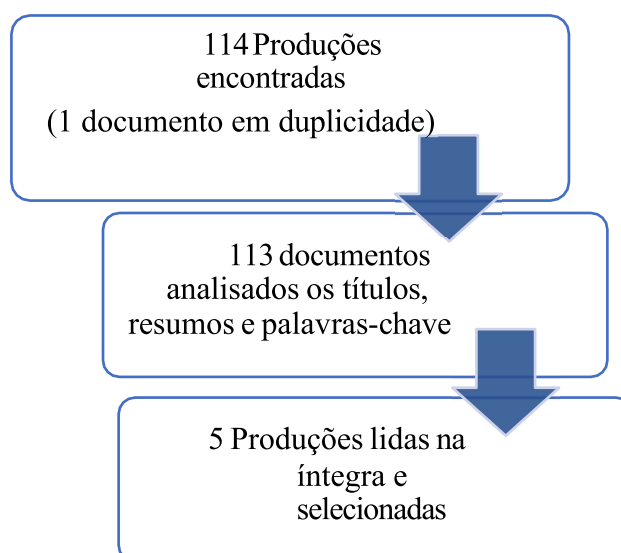
A pesquisa preliminar realizada a partir da *string* em Língua Portuguesa resultou num total de 114 artigos, sendo 15 publica Ensino Superior (CAPES), 86 produções no Google Acadêmico, 3 trabalhos na Scopus e 10 SBCOPENLIB. Mediante os critérios de exclusão e inclusão com a *string* em Língua Portuguesa, dos 15 artigos obtidos na CAPES, 1 foi selecionado para estudos; das 86 publicações no Google Acadêmico, 3 artigos foram selecionados; e das bases de dados Scopus, encontrou-se 1 artigo, totalizando 5 pesquisas a serem analisadas.

A seguir, apresentamos os resultados obtidos que reforçam a relevância desta pesquisa, revelam uma lacuna no campo de estudos sobre o PCD, especialmente no contexto educacional brasileiro, justificando, assim, a proposta de ampliar a compreensão teórica e mostrar aplicações práticas, as quais serão desenvolvidas nas próximas seções.

3.2 RESULTADOS E ANÁLISES DAS PRODUÇÕES

Inicialmente, o estudo contou com 114 documentos, dos quais um estava em duplicidade e não foi incluído na seleção. Dos 113 trabalhos, apenas 5 foram selecionados para estudo completo por atenderem aos critérios de inclusão e exclusão anteriormente descritos.

Figura 3 - Etapas de seleção dos trabalhos



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A seguir, apresentamos a Tabela 2 com as referências dos trabalhos selecionados após realização da RSL, que estão acompanhados das bases de dados em que foram encontrados.

Tabela 2 – Referências e base de dados das produções selecionadas

Referências	Base de Dados
BRACKMANN, C. P.; CAETANO, S.V.N.; SILVA, A.R. Pensamento Computacional Desplugado: Ensino e avaliação da educação primária brasileira. <i>Revista Novas Tecnologias na Educação</i> . v. 17; n.3; p. 636-647; dez. 2019.	Google Acadêmico
BACKES, L.; BORGES, K. S.; NORONHA, F.P.T. Pensamento Computacional desplugado: análise da experiência com o Projeto Pipe. Tecnologias, Sociedade e Conhecimento . Unicamp nied. v.7; n.1; 2020.	CAPES Periódicos
BOSCARIOLI.C.; KAMINSKI. M.R. Práticas de computação desplugada como introdução ao desenvolvimento do Pensamento Computacional nos anos iniciais do ensino fundamental. <i>Estudos Indígenas e Educação</i> . Revista de Educação, Ciência e Tecnologia . v.9, n 2, 2020.	Google Acadêmico
GUERRA, I.; MARTINS, C.; MESTRE, C.; TOURAIS, C. O pensamento computacional como capacidade matemática nas novas aprendizagens essenciais de matemática: a emergência da algoritmia no 1º ano de escolaridade. Revista Mediações. Investigação em Educação Matemática . v. 11; n. 1; p. 4-20; jul; 2023.	Google Acadêmico
MACIEL, C.; PEREIRA, V.C.; SASSI, S.B. Explorando a matemática e o pensamento computacional com atividades (des) plugadas com crianças de 6 a 9 anos de idade. Cadernos CEDES . v.43; ed. 120; p. 45-59. mai – ago; 2023	Scopus

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Um recorte temporal entre os anos de 2023 e 2024 delimitou a busca por trabalhos relacionados ao tema da pesquisa. Entretanto, em função dos estudos realizados durante esse período, a temática a ser estudada foi alterada. A *string* de busca iniciada no ano de 2023 envolvia a aplicação do PC nas operações básicas.

Em janeiro de 2024, após análises preliminares das pesquisas encontradas, constatou-se ser necessário estudar o SND e suas características para compreender as dificuldades apresentadas nas operações básicas, de forma que a *string* de busca envolveu o PCD e o SND. Os trabalhos selecionados datam dos últimos cinco anos para que se identifiquem as mais recentes pesquisas sobre o PCD.

A partir das palavras encontradas nos títulos e das palavras-chave dos trabalhos selecionados para a RSL, elaborou-se uma nuvem de palavras a partir do *software* Wordclouds.com. Essa nuvem permite identificar os termos mais utilizados, sendo também contemplados nesta pesquisa. Na Figura 3, apresenta-se a “nuvem de palavras”.

Figura 4 - Nuvem de palavras dos termos presentes nas produções selecionadas.



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2024)

A observação da nuvem de palavras permite analisar quais as palavras ou termos encontrados nos títulos e resumos com maior relação com esta pesquisa, indicando, portanto, que temáticas estão sendo abordadas atualmente em relação ao PCD, como a abordagem para o ensino da Matemática apoiado com materiais manipuláveis.

3.3 ANÁLISE DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

No decorrer da pesquisa, foram encontrados diversos trabalhos abordando o PC e, com menor frequência, o PCD, ambos aplicados em um conteúdo específico de Matemática ou envolvendo resolução de problemas. Entretanto não encontramos trabalhos relacionados à temática desta pesquisa, envolvendo o PCD e o SND. As pesquisas obtidas com a RSL associam o PC com o sistema binário, o que indica necessidade de se realizarem trabalhos cujo foco seja o SND e suas características nas séries iniciais do Ensino Fundamental. A seguir, serão apresentadas as análises das produções selecionadas que contribuíram para conhecer o estado da arte em relação à temática da pesquisa na área de PC e PCD.

O primeiro trabalho é um artigo de autoria de Christian Puhlmann Brackmann, Saulo Vicente Nunes Caetano e Anita Raquel da Silva (2019), intitulado “Pensamento Computacional Desplugado: Ensino e avaliação da educação primária brasileira”. O trabalho foi realizada entre os anos de 2016 e 2017, sendo a primeira etapa na Espanha, e a segunda (replicação) no Brasil. O artigo trata das informações relativas à replicação da pesquisa no Brasil. Os participantes foram selecionados em duas escolas da rede pública da cidade de Santa Maria (RS) e divididos em dois grupos que os autores denominaram de Intervenção e Controle. As 63 crianças participantes da pesquisa foram escolhidas de forma aleatória pela gestão das escolas e

participaram das atividades de pesquisa relacionadas ao PC de forma voluntária. O objetivo da pesquisa era verificar a influência do PCD na habilidade de formação e solução de problemas, baseando-se em conceitos essenciais de computação e empregando sintaxes lógicas comuns nas linguagens de programação. Para a realização das atividades, foram elaborados materiais escolares de uso comum e utilizados sem dispositivos eletrônicos. O instrumento avaliativo utilizado foram testes incluindo conceitos dos quatro pilares do PC (abstração, reconhecimento de padrões, decomposição e algoritmos). A atividade elaborada era composta por 28 (vinte e oito) questões de múltipla escolha, com quatro alternativas de resposta, sendo uma a correta. Na pesquisa foram aplicados pré-testes e pós-testes. As aulas com atividades de PCD foram aplicadas na Turma de Intervenção após o pré-teste e antes do pós-teste, totalizando 10 horas-aula. Na Turma de Controle, as aulas de PC foram ministradas após a aplicação do pós-teste, sem a geração de dados quanti-qualitativos. A maior parte dos materiais utilizados foi desenvolvida para a presente pesquisa, enquanto as demais atividades foram traduzidas para o Português e adaptadas de atividades pré-existent, como o livro de Liukas (2015) e o jogo de tabuleiro, “Code Master”, desenvolvido por Engelberg (2015).

Na apresentação dos resultados, os autores ressaltam que nenhuma das crianças participantes da pesquisa teve contato prévio com aulas formais de programação. Todas as atividades propostas tiveram boa aceitação dos estudantes, os quais apreciaram as atividades, proporcionando momentos de comparação e discussão de possibilidades de resolução do problema. Outro aspecto relevante na conclusão é a observação de que havia deficiência nos conceitos básicos da Matemática e até mesmo na alfabetização, o que gerou insucessos dos participantes. A pesquisa indica que, embora tenha ocorrido melhoria dos estudantes, com resultados estatísticos em relação à abordagem metodológica desplugada, houve diferença entre os grupos analisados na investigação. Devido a algumas limitações observadas durante a replicação da pesquisa, os autores recomendam, em sua conclusão, a introdução de uma abordagem desplugada e a ampliação do PC em pesquisas futuras.

O segundo artigo, “Pensamento Computacional Desplugado: análise da experiência com o Projeto Pipe”, de Luciana Backes, Karen Selbach Borges e Fabrícia Py Tortelli Noronha (2020), tem como objetivo apresentar um material pedagógico de baixo custo denominado Pipe: constituído de canudos de refrigerantes e encaixes feitos de filmes de raio-X, como recurso para a realização de atividades de PCD num contexto de Aprendizagem Criativa. Para isso, as autoras basearam-se nos seguintes referenciais: Wing (2006) e Brackmann (2017) para conceituar e descrever o PCD; Resnick (2017) em relação à Aprendizagem Criativa; e Piaget (2001) em relação ao conhecimento sobre o Construtivismo.

O Projeto Pipe foi desenvolvido num evento mundial para popularizar a programação de computadores e o pensamento computacional: “A Hora do Código 2018”, promovido pelo IFRS – campus Porto Alegre. O Projeto Pipe visa desenvolver competências cognitivas com o PCD, focando, principalmente, na elaboração de algoritmos. Com duração de 50 minutos e realizadas por 22 pessoas (sendo alunos e professores de escolas públicas e privadas, com idades entre 4 e 50 anos), as atividades desenvolvidas pelo projeto envolviam: construir individualmente uma pirâmide; descrever, em uma folha de papel, o algoritmo da construção do objeto; discutir os resultados; fazer a correção das instruções recebidas; e responder a seguinte questão: qual a importância de saber descrever uma atividade passo a passo?

Como resultados, vislumbra-se o Pipe como um recurso potencializador da Aprendizagem Criativa nas áreas das Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, de forma individual ou coletiva, de faixa etária variada e com diferentes níveis de desenvolvimento cognitivo. O Projeto Pipe possibilita o processo de desenvolvimento cognitivo e criativo do sujeito.

No artigo dos autores Clóvis Boscarioli e Márcia Regina Kaminski (2020), “Práticas de computação desplugada como introdução ao desenvolvimento do Pensamento Computacional nos anos iniciais do Ensino Fundamental”, o objetivo é demonstrar como a computação desplugada pode ser utilizada como abordagem complementar às práticas educativas que envolvem tecnologia, introduzindo conceitos de PC com atividades lúdicas e concretas. Nesse trabalho, analisou-se uma escola pública municipal da cidade de Cascavel (PR), onde práticas pedagógicas baseadas em tecnologias digitais foram integradas ao currículo e aliadas ao desenvolvimento do PC. Estudantes de 3º e 5º ano participaram de atividades concretas para, posteriormente, trabalharem com conceitos mais abstratos. Todo trabalho orientou-se por teóricos como Wing (2006) e Brackmann (2017) em relação ao PC e, para abordar o desenvolvimento psíquico e o cognitivo, Face (2004) e Moreira (2011).

O estudo foi planejado em dois momentos: num primeiro momento, atividades desplugadas utilizadas para trabalhar PC numa perspectiva de progressão dos conceitos: mapas, malhas quadriculadas, atividades com o corpo, recortes e colagens; num segundo momento, foram utilizados, além de vídeos (*Bits e Bytes*), plataformas de programação visual (*CODE.ORG*) com desafios prontos oferecidos e criação de jogos e objetos de aprendizagem no *Scratch*. Para análise de resultados procedeu-se à observação participante de 10 aulas sobre PC num total de 130 estudantes participantes da pesquisa, além de registros num diário de campo para posterior análise cruzada com portfólios das atividades dos alunos.

Como conclusão, os autores analisam que a incorporação das atividades desplugadas

contribuíram, de forma significativa, para a prática já desenvolvida pela escola na medida em que possibilitou abordagens que consideram o processo do desenvolvimento da criança e a importância das atividades com materiais lúdicos e concretos antes de abstrações mais complexas. Também consideram importante a elaboração de atividades específicas para cada ano de escolarização em propostas concretas e de possíveis abstrações, de modo que a principal contribuição do trabalho é o desenvolvimento constante e gradativo do PC desde os primeiros anos de escolaridade, pela repetição das atividades apresentadas no estudo que podem ser adaptadas para outras realidades, de forma facilitada.

No artigo “O pensamento computacional como capacidade matemática nas novas Aprendizagens Essenciais de Matemática: a emergência da algoritmia no 1.º ano de escolaridade”, as autoras Martins, Mestre, Guerra e Tourais (2023) têm como objetivo apresentar e discutir um trabalho desenvolvido por meio de uma sequência de tarefas associadas ao PC focam no desenvolvimento da prática de algoritmia. A intenção é evidenciar as regularidades do sistema de numeração decimal e o valor posicional dos algarismos, descrevendo e representando números. A pesquisa tem como referência o currículo de Matemática homologado por Portugal no formato de Aprendizagens Essenciais para o Ensino Básico proposto por Canavarro *et al.* (2021), em que o PC é uma habilidade permanente e integrada a temas transversais da Matemática. Para fundamentar o trabalho em relação ao PC, as autoras recorreram a Canavarro *et al.* (2021) em relação a habilidades e conteúdos matemáticos trabalhados e a Wing (2006) para a compreensão do PC. O estudo desenvolveu-se em duas turmas de 1º ano com um total de 46 crianças, durante os anos letivos 2021/2022, quando as pesquisadoras realizaram um trabalho colaborativo, dividido em operacionalização e aplicação do novo currículo.

O grupo colaborativo de pesquisadoras elaborou três tarefas que seguiram as seguintes fases: 1) apresentação da tarefa; 2) trabalho autônomo dos alunos em pares; e 3) Discussão coletiva e sistematização das aprendizagens. A primeira tarefa – “Quantos números consegue escrever o robô Numi?” – teve por objetivo a construção da maior quantidade possível de números de duas ordens decimais baseados no valor posicional. Os participantes da pesquisa também objetivaram: investigar procedimentos utilizados pelas crianças para realização da atividade; discutir novas “ordens” para a solução da questão-problema apresentada; identificar habilidades do PC. Para a aplicação das duas primeiras atividades, foram usados como recursos uma folha produzida pelas pesquisadoras contendo uma situação-problema e cartões com números de 0 a 9. Num terceiro momento, o *software* de programação *scratch* foi utilizado para o desenvolvimento da última atividade.

Na atividade “Completar e corrigir instruções”, o objetivo era elaborar instruções e de forma intencional, trabalhar a prática da algoritmia. A proposta visava completar e corrigir instruções e, em termos de análise, refletir sobre as habilidades de PC utilizadas. Como na primeira tarefa, as crianças deveriam formar números, mas, nessa fase, a partir de orientações elaboradas por eles, um algoritmo de resolução de problema.

A terceira e última atividade – “Entrar na cabeça do *Numi*” – visava continuar o trabalho das práticas de PC, utilizando a linguagem de programação visual do *scratch*. Nesse sentido, foi criada uma programação com um jogo numérico em que era pedido aos alunos que indicassem um número, sendo apresentado, em seguida, outro número pelo *Numi* (no *scratch*). Os alunos tinham de descobrir as instruções dadas ao *Numi* para que ele produzisse o novo número. Para finalizar a atividade fornece-se aos alunos *tablets* em que tiveram informações de programação do *scratch*, para que, de forma autônoma, criassem suas próprias instruções na resolução do problema.

Para concluir, as autoras ressaltam que a abordagem aplicada em espiral, no decorrer da sequência de tarefas, ofereceu oportunidades de retomada de aprendizagens. A abordagem desenvolve a capacidade de pensamento computacional integrada ao subtópico de valor posicional, possibilitando aquisição de conhecimento matemático. As autoras demonstram tal desenvolvimento num quadro registrado na pesquisa indicando os momentos e as habilidades desenvolvidas durante cada tarefa. Em relação à prática da algoritmia, consideram que, na sequência de tarefas, essa prática enriqueceu o próprio conhecimento do conteúdo matemático.

O último estudo analisado na RSL – “Explorando a Matemática e o Pensamento Computacional com atividades Desplugadas com crianças de 6 a 9 anos de idade” – foi realizado durante o isolamento social devido à pandemia de Covid-19. Com o objetivo de analisar a utilização de atividades desplugadas como recursos didáticos complementares que pudessem desenvolver habilidades do PC e o conhecimento matemático, os autores Maciel, Pereira e Sassi (2023) recorreram a atividades selecionadas, disponibilizadas e descritas no projeto *Computer Science Unplugged (CS Unplugged)*. Num período de quatro semanas, sempre aos sábados à tarde, os encontros tiveram duração média de duas horas. Durante o desenvolvimento da situação didática, utilizou-se o *Google Meet* nas videoconferências. o aplicativo *WhatsApp* no envio de demais orientações e *links* para os responsáveis pelos participantes. As cinco crianças selecionadas participam de um grupo de jogos *online* nos horários livres, estudam numa mesma escola privada, no ensino fundamental I, em Mato Grosso. Das oito atividades disponibilizadas pelo Projeto *CS Unplugged* em Casa, quatro foram selecionadas, sendo elas: “Desafio binário”, “Encontre meu cartão”, “Destravando o segredo nos códigos de produtos” e “Apertando imagens em códigos” (Bell; Witten; Fellows, 2011).

Para o desenvolvimento da atividade “Desafio binário”, foram exigidas inicialmente as seguintes habilidades: contar até 31 e conhecer o conceito de adição; conceitos matemáticos de números pares e ímpares; ordenação crescente e decrescente; multiplicação por 2. No decorrer do trabalho, foi desenvolvida a sequência de números decimais e números binários, bem como a construção de sua representação por meio de cartões de papel confeccionados pelas crianças com a orientação dos pesquisadores, além de representações por meio de lâmpadas acesas. “Enviando mensagens secretas” (impressa pelos responsáveis) é um complemento dessa atividade: a criança precisava decifrar a mensagem enviada por meio de lâmpadas acesas ou apagadas, representando uma sequência binária que tinha como correspondente uma letra do alfabeto.

Para a atividade “Encontre meu cartão”, foram confeccionados manualmente por cada criança oito cartões numerados de 0 a 7. A habilidade exigida da criança na atividade correspondeu à capacidade de comparar os números de 0 a 7: novamente foram trabalhados os conceitos de números pares e ímpares, de ordenação crescente e decrescente, de maior ou igual e de menor ou igual.

Na terceira atividade – “Destravando o segredo nos códigos de produtos” –, foram exigidas as habilidades de somar números até 150 e multiplicá-los por 3, conceitos de ordenação, organização em linhas e colunas e subtração. A atividade realizou-se com os códigos de barras de embalagens de produtos com 13 códigos e com auxílio de *slides* no *Microsoft PowerPoint*. As crianças usaram o *chat* do *Google Meet* para escrever os códigos de seus produtos e, posteriormente, atribuíram a amigos para desvendar o dígito mais recente do produto, as quais, após os cálculos, conseguiram identificar o código de verificação do rótulo. Para corrigir a atividade, a pesquisadora utilizou o recurso *Microsoft PowerPoint* e seguiu as informações e instruções informadas pelas crianças.

“Apertando imagens em códigos” foi a última atividade (des)plugada, realizada com lápis, papel com grade 20 x 20 e uma instrução enviada para que as mães imprimissem. Essa atividade exigia capacidade de ler números, contar até vinte e colorir os quadrados da grade de acordo com o guia. Além disso, foram estudados os conceitos de eixos de abscissas e eixos das ordenadas e onde estão os pontos. Para a correção da atividade foi utilizado o *PowerPoint* da *Microsoft*.

Nas considerações finais da pesquisa, os autores concluem que, embora os participantes tenham percebido a relação entre as atividades (des)plugadas com as desenvolvidas na escola na disciplina de Matemática, observaram que elas são diferentes quanto ao modo de apresentação dos conceitos. Mesmo sendo realizadas aos sábados à tarde, as atividades

desplugadas foram vistas como atraentes, tendo rica participação, interação e cooperação das crianças e de seus responsáveis. De acordo com os autores, poucas foram as dificuldades de execução das atividades e, quanto aos conceitos matemáticos, foram passíveis de serem sanadas. Diante dessas conclusões, os pesquisadores ressaltam a importância de se refletir sobre as potencialidades das atividades desplugadas, além de benefícios, como reduzir o tempo de execução das atividades desplugadas, evitar deslocamentos por parte dos alunos, além de aprender a lidar com tecnologias síncronas. Problemas relacionados ao ensino remoto e seus problemas, bem como as consequências da pandemia em curso influenciam as percepções dos autores.

3.4 CONTRIBUIÇÕES DA RSL PARA A PESQUISA

O estado da arte utilizado neste estudo contribuiu para a presente pesquisa na medida em que essas produções ressaltam a importância das intervenções do PC associado ao ensino de conteúdos matemáticos. Em todos os artigos analisados, o PC propicia aos participantes das atividades decompor, visualizar padrões, explorar abstrações e construir algoritmos que auxiliam na elaboração e resolução de problemas, habilidades estas preconizadas pela BNCC e exigidas pela sociedade contemporânea. A possibilidade de interação entre os participantes de faixas etárias diferentes, a socialização do saber construído e o foco no algoritmo são outros aspectos encontrados nos trabalhos que orientam a construção da presente pesquisa.

As pesquisas selecionadas e analisadas na RSL fazem referência às contribuições de Wing (2006) sobre o PC, sendo que apenas a de autoria de Martins, Mestre, Guerra e Tourais (2023) não se baseou em Brackmann (2017) como referencial teórico sobre seus estudos em relação ao PCD. Essas duas referências citadas sustentam o desenvolvimento da presente pesquisa.

Para compreender a contribuição dos trabalhos relacionados ao PC e, mais especificamente, ao PCD no contexto da Educação Matemática, elaborou-se um quadro comparativo com base nos estudos selecionados por meio da Revisão Sistemática da Literatura (RSL).

O Quadro 2 organiza e sintetiza os objetivos, os conteúdos trabalhados, os resultados e as conclusões além das contribuições para a área da Educação Matemática e,consequentemente, para a proposta da presente pesquisa.

Quadro 2 - Comparativo dos Estudos sobre PCD.

Autores/ Ano	Objetivos do Estudo	Conteúdos Trabalhados	Principais Conclusões	Contribuições para a Área
Brackmann, Caetano & Silva /2019	Verificar os efeitos do PCD na habilidade de resolução de problemas.	Conceitos fundamentais do PC: abstração, padrões, decomposição e algoritmos.	Observou-se melhoria estatística significativa no grupo de intervenção. As atividades foram bem recebidas, apesar das dificuldades dos alunos com conceitos matemáticos básicos.	Evidencia a eficácia do PCD ao desenvolvimento de habilidades cognitivas mesmo sem uso de tecnologia. Reforça a importância da mediação docente e da adaptação de materiais ao contexto escolar.
Backes, Borges & Noronha /2020	Apresentar o Projeto Pipe como recurso de PCD em contexto de Aprendizagem Criativa.	Algoritmos, descrição de processos e resolução de problemas passo a passo.	O projeto mostrou-se eficaz para promover o raciocínio sequencial, a criatividade e o trabalho colaborativo em diferentes idades.	Introduz um recurso pedagógico de baixo custo acessível, promovendo a Aprendizagem Criativa com potencial de aplicação interdisciplinar.
Boscioli & Kaminski /2020	Demonstrar como o PCD pode complementar práticas tecnológicas nos anos iniciais do Ensino Fundamental	Introdução gradual dos conceitos de PC de forma concreta.	As atividades desplugadas reforçam o desenvolvimento cognitivo e favorecem a aprendizagem significativas.	Defende a necessidade de continuidade e progressão no ensino de PC desde os primeiros anos, com propostas adaptadas por faixa etária.
Martins et al. /2023	Integrar o PC ao ensino do sistema de numeração decimal no 1º ano escolar.	Valor posicional, algoritmia, construção e interpretação de números decimais.	A abordagem em espiral permitiu o desenvolvimento simultâneo do raciocínio lógico e do conhecimento matemático.	Apresenta uma proposta concreta de integração entre PC e o sistema de numeração decimal, contribuindo com práticas curriculares que valorizam a algoritmia desde o início da escolarização
Maciel, Pereira & Sassi /2023	Analisar o uso de atividades desplugadas como recurso remoto para ensinar PC e Matemática	Sistema binário, operações aritméticas, códigos, organização espacial (coordenadas)	Houve engajamento e compreensão dos conceitos por parte das crianças. As atividades foram vistas como atrativas e complementares ao ensino formal.	Ressalta o potencial das atividades desplugadas no contexto remoto, com ênfase na aprendizagem significativa e envolvimento familiar. Destaca alternativas viáveis em tempos de adversidade (como pandemia).

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

A análise comparativa dos estudos destacados no quadro evidencia contribuições relevantes para a consolidação do PCD como ferramenta pedagógica eficaz, especialmente no ensino de Matemática. Em consonância com o parágrafo anterior, observa-se que as pesquisas exploram diferentes aspectos do PCD — como resolução de problemas, algoritmos e raciocínio lógico — em contextos variados, reforçando seu potencial para desenvolver habilidades cognitivas sem a necessidade de recursos tecnológicos. Destaca-se a proposta de Martins et al. (2023), que mais diretamente se aproxima do foco desta pesquisa ao integrar o PC ao ensino do SND, ainda que não sob a perspectiva desplugada. Assim, os estudos analisados reforçam a relevância da presente investigação, ao propor a articulação entre PCD e SND por meio de atividades acessíveis, suprimindo uma lacuna identificada na literatura e contribuindo para o avanço de práticas pedagógicas inovadoras e inclusivas nos anos iniciais.

A relevância de investigações como a que ora se apresenta foi orientada por uma metodologia que será detalhada no capítulo seguinte.

4 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia adotada para o desenvolvimento da pesquisa, realizada em uma escola pública de Ensino Fundamental, da cidade de Juiz de Fora MG, com alunos do 5º ano, incluindo estudantes neurodiversas. O público-alvo foi escolhido por se encontrar em uma etapa crucial do processo de consolidação do Sistema de Numeração Decimal, conteúdo fundamental da Matemática escolar e que, conforme apontam pesquisas, ainda representa um desafio para grande parte dos educandos.

Nesse contexto, a investigação foi orientada pela abordagem Design Science Research DSR que se estrutura na construção, aplicação e avaliação de artefatos educacionais com vistas a solucionar problemas práticos do ensino e da aprendizagem. A operacionalização da DSR, portanto, ocorreu em dois ciclos de aplicação. A operacionalização da DSR, portanto, ocorreu em dois ciclos: no primeiro, foi elaborado e planejado o produto educacional e realizou-se sua aplicação em sala de aula. Com análise das interações e dos resultados foram efetuadas, revisões e ajustes a partir das evidências obtidas o que se constituiu no segundo ciclo de aplicação. Essa dinâmica metodológica permitiu alinhar a pesquisa aos seus objetivos, que consistem em investigar de que maneira o ensino do SND pode ser potencializado por meio de atividades fundamentadas no Pensamento Computacional Desplugado, favorecendo a compreensão, a inclusão e a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem matemática.

A coleta de dados foi realizada por meio de observações em sala de aula, registros escritos dos alunos durante as atividades propostas, anotações em diário de campo e registros fotográficos dos momentos de interação. Esses dados foram organizados e analisados qualitativamente, de forma descritiva e interpretativa, buscando identificar evidências de compreensão dos conceitos relacionados ao Sistema de Numeração Decimal, bem como indícios do desenvolvimento de habilidades associadas ao Pensamento Computacional Desplugado. A análise considerou categorias previamente definidas a partir dos objetivos da pesquisa, permitindo relacionar as produções dos estudantes e as observações do pesquisador às contribuições do produto educacional desenvolvido.

No âmbito desta pesquisa, destaca-se a elaboração de um produto educacional, requisito obrigatório e, ao mesmo tempo, diferencial do mestrado profissional, por articular a investigação acadêmica com a prática docente. Esse produto consiste em um conjunto de propostas didáticas voltadas ao ensino do Sistema de Numeração Decimal a partir do Pensamento Computacional Desplugado, estruturadas de forma acessível e inclusiva para alunos do 5º ano do Ensino Fundamental. Sua importância reside no fato de constituir não apenas um resultado prático da pesquisa, mas também um recurso que pode ser aplicado, testado e adaptado em diferentes contextos escolares, contribuindo para o aprimoramento das práticas pedagógicas em Matemática e para a aproximação entre a produção científica e a realidade da sala de aula.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DA ESCOLA E DO PÚBLICO

O desenvolvimento do experimento se deu na Escola Municipal Santos Dumont localizada no bairro Santos Dumont, região oeste da cidade de Juiz de Fora (MG). Destacado, ao longo dos anos, como área de intenso crescimento, esse bairro tem recebido residentes de várias partes da cidade em busca de habitação acessível, atraindo uma população diversificada, composta por profissionais de diversos setores, incluindo construção civil, manufatura e comércio. Este está constantemente se expandindo e diversificando, com notável concentração de lojas de materiais de construção, fábricas, serralharias e redes atacadistas que empregam os próprios moradores da região. A escola é a única instituição de ensino pública do bairro que oferece o Ensino Fundamental I e Educação de Jovens e Adultos, sendo responsável por atender praticamente todos os filhos de moradores e de bairros circunvizinhos.

O Projeto Político Pedagógico (PPP) sofreu alterações e atualizações a partir do segundo semestre do ano de 2023, descrevendo ampliações físicas, concepções filosóficas e alterando pontos importantes relacionados à inclusão escolar. Essas alterações e atualizações foram realizadas pelo coletivo da escola, em reuniões pedagógicas mensais. Ressaltando a interação do currículo e das disciplinas com a vida em comunidade para o desenvolvimento de competências socioculturais, o PPP visa atenuar o fracasso e a evasão escolar, destacando ainda a aprendizagem da leitura e da escrita.

O experimento foi realizado em duas turmas de 5º ano do EF, que contavam com aproximadamente 38 crianças, sendo 21 meninas e 17 meninos, com idades entre 10 e 12 anos. A escolha dessas turmas deveu-se ao fato de a pesquisadora atuar nelas também como professora, o que não ocorria na terceira turma.

A maioria dos estudantes já frequentava essa instituição de ensino em anos anteriores, sendo, portanto, familiarizada com seu ambiente e rotinas escolares. Algumas crianças, contudo, ingressaram na escola apenas nesse referido ano letivo, incluindo duas estudantes imigrantes, uma oriunda da Colômbia e outra da Venezuela. Além disso, duas crianças vieram de outras cidades do estado de Minas Gerais e uma do estado do Rio de Janeiro. As turmas contam com a professora de apoio, em virtude da presença de estudantes com necessidades educacionais específicas: um aluno com Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH), um com Transtorno do Espectro Autista (TEA) e uma aluna com deficiência intelectual moderada, todos com laudos médicos comprobatórios.

A escola tem sido referência na rede municipal quanto ao atendimento a estudantes com deficiências: propicia, em sua estrutura física, acessibilidade para a grande maioria de seus espaços; oferece Atendimento Educacional Especializado (AEE); tem em todas as salas de aula o acompanhamento de professores de apoio; promove constantemente reflexão sobre as práticas educativas desenvolvidas.

4.2 O ESPAÇO ESCOLAR E A AÇÃO PEDAGÓGICA

No cotidiano das aulas algumas crianças apenas fazem registros escritos e esperam pelas soluções apresentadas pela professora e pelos colegas de turma, sendo o que chamamos de “copistas”: cerca de 4 crianças fazem as atividades de forma mecânica com pouca compreensão. Cerca de 4 crianças realizam as atividades de forma parcialmente autônoma, manifestam algumas dúvidas, mas ainda com dificuldades para chegar à solução, demonstrando que habilidades de séries anteriores não foram assimiladas. As demais acompanham as propostas participando, completando as atividades, tirando dúvidas, atingindo, assim, os objetivos elaborados.

A proposta de realizar as atividades com material manipulativo traz maior segurança para todas as crianças na busca por solucionar as situações-problema apresentadas no decorrer da aula de Matemática. Essa proposta de atuação também visa proporcionar suporte pedagógico personalizado. Nas aulas de Matemática, é uma prática cotidiana os alunos usarem materiais manipulativos e jogos de tabuleiro. Os recursos utilizados favorecem maior assimilação dos conteúdos e auxiliam no desenvolvimento das atividades escritas. O laboratório de informática, no momento, não pode ser usado.

Para as crianças com defasagem na alfabetização, a escola tem dois projetos em curso – Sala de Leitura e Contação de História – mas nenhum voltado à Matemática ou às demais áreas de conhecimento.

Uma prática comum em sala de aula é a realização de atividades em duplas ou em pequenos grupos. Algumas propostas são realizadas de forma individual para verificação das práticas educativas e possíveis retomadas da aprendizagem.

As atividades elaboradas abordam características do SND, valor posicional dos números e estratégias contemplando a Base Nacional Comum Curricular que orienta:

Nessa fase espera-se também o desenvolvimento de habilidades no que se refere à leitura, escrita e ordenação de números naturais e números racionais por meio da identificação e compreensão de características do sistema de numeração decimal, sobretudo o valor posicional dos algarismos. Na perspectiva de que os alunos aprofundem a noção de número, [...] (Brasil, 2017).

E no que se refere a integração de habilidades e competências relacionadas à Matemática com PCD, citadas da seguinte forma:

Na Matemática escolar, o processo de aprender uma noção em um contexto, abstrair e depois aplicá-la em outro contexto envolve capacidades essenciais, como formular, empregar, interpretar e avaliar – criar, enfim –, e não somente a resolução de enunciados típicos que são, muitas vezes, meros exercícios e apenas simulam alguma aprendizagem (Brasil, 2017).

Após a caracterização do espaço escolar e da ação pedagógica, apresenta-se a seguir a abordagem metodológica que fundamenta esta investigação, a Design Science Research, destacando sua pertinência para o desenvolvimento da pesquisa.

4.3 DESIGN SCIENCE RESEARCH E A PESQUISA

Para responder à questão de pesquisa proposta neste estudo, adotou-se a compreensão de que a metodologia de uma pesquisa científica consistia em um procedimento sistemático e rigoroso (Bicudo, 1993), fundamentado em um conjunto articulado de abordagens, técnicas e processos (Rodrigues, 2007), voltado à investigação ou ao aprofundamento do conhecimento sobre uma pergunta ou problema que suscitava inquietações no pesquisador (Fiorentini; Lorenzato, 2012).

Esta pesquisa assumiu uma abordagem qualitativa e descritiva para interpretação de dados, com aporte teórico em Bogdan e Biklen (1994), para os quais, na investigação qualitativa, a fonte direta de dados é o ambiente natural; a investigação qualitativa é descritiva; os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos; e o significado é de importância vital na abordagem qualitativa.

De acordo com Rodrigues (2007), em uma pesquisa classificada como aplicada, “os conhecimentos adquiridos são utilizados para aplicação prática voltados para a solução de problemas concretos da vida moderna”. Dessa forma, esta pesquisa caracterizou-se como aplicada, uma vez que propôs o desenvolvimento de uma sequência de atividades com a finalidade de possibilitar o conhecimento do PCD em sala de aula.

Com o propósito de refletir sobre soluções voltadas para a prática e de estimular a práxis pedagógica, esta pesquisa buscou desenvolver um Artefato que, aliado ao Pensamento Computacional Desplugado, promovesse intervenções significativas no processo de ensino e aprendizagem do Sistema de Numeração Decimal e, por meio desse Artefato, contribuísse para a produção de conhecimentos científicos. Dessa forma, a Metodologia *Design Science Research* (DSR) foi escolhida para conduzir a pesquisa.

De acordo com Dresch *et al.* (2015, p. 5), DSR se define como “[...] uma ciência que procura desenvolver e projetar soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas ou, ainda, criar novos Artefatos que contribuam para uma melhor atuação humana, seja na sociedade, seja nas organizações”.

Para esta pesquisa, a DSR é compreendida como “[...] uma abordagem epistemológico-metodológica para pensar- fazer pesquisa interdisciplinar envolvendo Educação e Computação com enfoque na construção de Artefatos. [...]” (Pimentel, Fillipo e Santos, 2020, p. 7).

Apesar de a DSR inicialmente ter sido utilizada no desenvolvimento de Artefatos tecnológicos projetados para a educação, autores como Peffers *et al.* (2007) entendem como Artefatos qualquer objeto físico ou abstração humana cuja elaboração e projeção tenha finalidade de atingir um objetivo. Dessa forma, é projetado um Artefato para resolver um problema em determinado contexto a partir de conhecimentos e suposições sobre o mundo; e como resultado do uso do Artefato, podemos avaliar as suposições que levaram ao seu desenvolvimento, o que nos permite produzir conhecimento.

Na DSR, o pesquisador desenvolve dois ciclos de investigação baseado em objetivos: resolver um problema prático em contexto específico por meio de um Artefato; gerar conhecimento científico.

Esses ciclos de pesquisas são inter-relacionados e denominados da seguinte forma: Ciclo de Design (Hevner, 2007) ou Ciclo de Engenharia (Wieringa, 2014), cujos objetivos são planejar e desenvolver um Artefato, bem como identificar possíveis melhorias e aprimoramento do projeto para sanar um problema do cotidiano em determinado ambiente; e outro denominado Ciclo de Conhecimento ou Ciclo do Rigor, sobre a formulação de conjecturas teóricas relacionadas ao comportamento humano ou organizacional.

A Figura 5 demonstra essa inter-relação entre os Ciclos de *DSR*.

Figura 5 - Ciclos em *Design Science Research*.



Fonte: Adaptado de Hevner e Chatterjee (2010) e Wieringa (2014).

Embora haja várias propostas conduzindo pesquisas em *DSR*, não há consenso quanto ao uso dessa abordagem.

Autores como Dresch, Lacerda e Antunes Jr. (2015) observam algumas fases usuais entre os diferentes métodos: definição do problema; revisão da literatura e busca por teorias existentes; sugestões de possíveis soluções; desenvolvimento; avaliação; decisão sobre a melhor solução; reflexão e aprendizagens; e comunicação dos resultados.

Para conferir a legitimidade da pesquisa, serão adotados na utilização do modelo *DSR* sete diretrizes e critérios elaborados por Dresch *et al.* (2015), sendo estes apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Critérios da *Design Science Research*

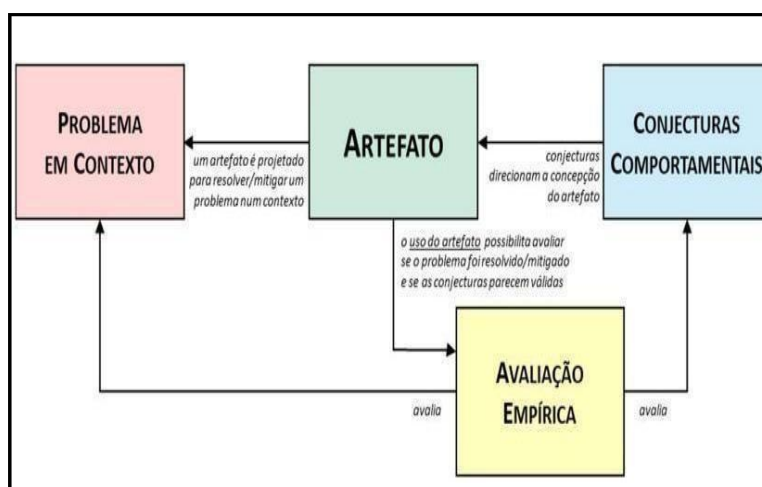
	Critérios	Descrição
1	Design do artefato	Produção de artefatos viáveis
2	Relevância do problema	Foco em desenvolver soluções para problemas relevantes para as organizações
3	Avaliação do Design	Rigor na avaliação da utilidade, qualidade e eficácia do artefato através de métodos adequados
4	Contribuições da pesquisa	Contribuições claras e verificáveis no contexto do artefato, apresentando fundamentação clara para a construção do artefato
5	Rigor da pesquisa	Foco na aplicação de métodos rigorosos, tanto na construção como na avaliação do artefato
6	Design como um processo de pesquisa	Utilização dos meios necessários para construir um artefato efetivo, consideram o contexto do problema
7	Comunicação da pesquisa	Apresentar os resultados da pesquisa tanto para o meio científico como para as organizações interessadas

Fonte: Dresch *et al.* (2015).

Com o intuito de gerar conhecimentos científicos para melhorar a prática pedagógica de estudantes e professores que ensinam Matemática e favorecer o processo de aprendizagem dos alunos sobre as características do SND e, conseqüentemente, a resolução das quatro operações, a presente pesquisa usou um compilado de diferentes abordagens denominado “Modelo-DSR” (*Design Science Research Model*), sendo uma evolução do modelo apresentado por Pimentel e colaboradores (2020).

O modelo é composto por uma coleção de componentes (problema em contexto, Artefato, avaliação empírica e conjecturas comportamentais) que, em *DSR*, precisam estar coerentemente relacionados. Os principais elementos do Modelo-DSR estão representados na Figura 6.

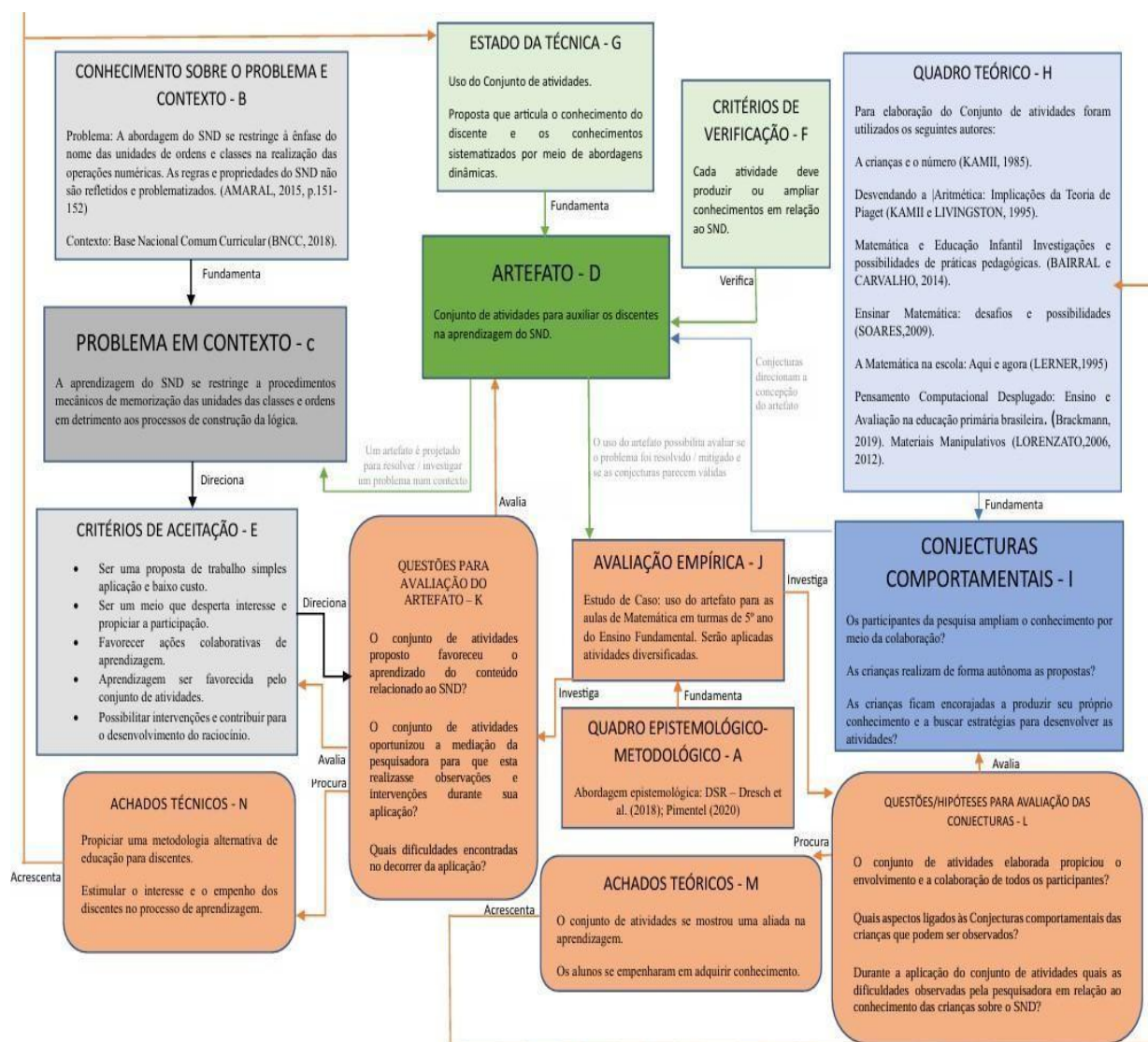
Figura 6 - Principais Elementos do Modelo-DSR.



Fonte: Modelo DSR desenvolvido por Pimentel *et al.* (2017).

Os conhecimentos técnico-científicos que se pretendem desenvolver são aprofundados ao longo da pesquisa, configurando um ciclo no qual se detalham os elementos centrais da *DSR* adaptados para este estudo. A Figura 7 apresenta o ciclo adaptado à proposta desta pesquisa, fundamentada no Modelo *DSR*, com o objetivo de orientar a produção do Artefato. Cada elemento que compõe o ciclo é descrito a seguir. No ciclo, as letras atuam como marcadores, e os títulos, como descritores das ações, favorecendo a visualização lógica e ordenada do processo.

Figura 7 – Modelo de *DSR* adaptado para a pesquisa



Fonte: Adaptação do Modelo *DSR* desenvolvido por Pimentel *et al.* (2017).

Nesta pesquisa, descreveu-se uma RSL sobre o estado da arte dos trabalhos associados ao ensino do SND, ao PCD e à Educação Matemática, os quais colaboraram para a elaboração da DSR (Quadro epistemológico-metodológico – A).

O rigor metodológico que se exige de uma pesquisa inicia-se, neste trabalho, com o conhecimento sobre o problema e o contexto. Os artigos encontrados e analisados na RSL sobre o tema indicam a necessidade de se investigarem os problemas relacionados ao ensino e, aprendizagem das características do SND, a compreensão do valor posicional dos números e consequentemente, à compreensão das operações básicas (Conhecimento sobre o Problema em Contexto – B). Portanto, observa-se a necessidade de aumentar a pesquisa científica sobre o assunto (Problema em Contexto – C).

Assim, para auxiliar educadores e futuros professores a compreender o conteúdo do SND e apresentar uma nova abordagem para os professores, o (Artefato – D) a ser elaborado consiste em num conjunto de atividades planejadas para a pesquisa com o intuito de observar como essa ferramenta pode auxiliar os alunos na aprendizagem do conteúdo investigado (Critérios de Aceitação – E).

A aprendizagem levará em conta a participação das crianças e a inovação possibilitada pelo Artefato para um aprendizado efetivo (Critérios de Verificação – F), usando o conjunto de atividades proposto (Estado da Técnica – G).

As tarefas que compõem o conjunto de atividades (Artefato – D) foram consultadas, selecionadas e adaptadas dos livros *Desvendando a Aritmética Implicações da Teoria de Piaget* (Kamii e Livingston, 1995, p. 192-193), *Ensinar Matemática: desafios e possibilidades* (Soares, 2010, p. 77-80) e *Prova Brasil e Saeb Matemática – 4º e 5º Anos* (Espí e Ester), todos relacionados ao tema de SND (Quadro Teórico – H). O objetivo foi promover a aquisição de conhecimento dos alunos por meio de um ensino colaborativo e dinâmico.

Com base nas premissas estabelecidas pelo Quadro Teórico, foram observadas as Conjeturas Comportamentais para a construção do Artefato, buscando demonstrar a importância do conjunto de atividades na aprendizagem dos alunos e o quanto estes se empenharam em adquirir conhecimento (Conjecturas Comportamentais – I).

Além disso, torna-se importante destacar que esse conjunto de atividades foi utilizado anteriormente em um estudo de caso exploratório, o qual foi aplicado para alunos do 5º ano do ensino fundamental (Avaliação Empírica – J) tendo como objetivo investigar a avaliação do Artefato e das Conjeturas Comportamentais a partir das seguintes questões:

- O conjunto de atividades elaborado propiciou o envolvimento e a colaboração de todos os participantes?

- Durante a aplicação do conjunto de atividades, quais as dificuldades observadas pela pesquisadora em relação ao conhecimento das crianças sobre o SND?
- Que aspectos ligados às conjecturas comportamentais das crianças podem ser observados?
- O conjunto proposto favoreceu o aprendizado do conteúdo relacionado ao SND?
- O conjunto de atividades permitiu a mediação da pesquisadora, realizando observações durante sua aplicação?
- Quais as dificuldades encontradas no decorrer da aplicação do conjunto de atividades?

O Quadro Teórico apresentou suposições que foram analisadas nas Conjecturas Comportamentais para a elaboração do Artefato, demonstrando, assim, a relevância do conjunto de atividades na aquisição de conhecimento dos docentes e como estes atuaram para alcançar o conhecimento (Conjecturas Comportamentais – I). As questões anteriormente descritas configuram-se como (Questões para Avaliação do Artefato – K e Questões para Avaliação das Conjecturas Comportamentais – L).

O estudo de caso exploratório possibilitou obter os achados teóricos que respaldaram o uso da sequência de atividades aplicada à luz do PCD, a qual oportunizou ações autônomas e colaborativas dos discentes no processo de aquisição individual e coletiva do conteúdo relacionado ao SND. Os achados teóricos permitiram o conhecimento de metodologias alternativas de educação que motivaram o interesse e o comprometimento dos alunos no processo de aprendizagem (Achados Teóricos – M e Achados Técnicos – N)

A metodologia adotada, fundamentada na Design Science Research, orientou todo o processo de elaboração, aplicação e avaliação do produto educacional desenvolvido nesta pesquisa. Por meio dos ciclos característicos da DSR, foi possível planejar o material didático, testá-lo em contexto real de sala de aula com alunos do 5º ano do Ensino Fundamental e, posteriormente, realizar ajustes a partir das evidências coletadas. Essa dinâmica garantiu que o produto não fosse apenas uma criação teórica, mas um recurso efetivamente experimentado e aprimorado a partir da prática, atendendo tanto às demandas da pesquisa quanto ao objetivo do mestrado profissional de propor soluções inovadoras e aplicáveis ao ensino da Matemática.

Considerando sua relevância para a pesquisa e para a prática docente, o produto educacional será detalhado no próximo capítulo, no qual serão apresentadas sua estrutura, fundamentação e propostas de atividades.

5 PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional PE consiste em um e-book pensado como parte integrante da presente pesquisa de mestrado profissional em Educação Matemática com o objetivo de apresentar um conjunto de atividades voltadas ao ensino do SND, nos anos iniciais do Ensino Fundamental, por meio da abordagem do PCD e aplicada com materiais manipuláveis.

Sua natureza é essencialmente pedagógica, sendo concebido como um recurso prático de apoio ao professor dos anos iniciais do Ensino Fundamental, etapa em que se consolidam aprendizagens essenciais relacionadas à leitura, escrita, comparação e ordenação de números, bem como ao entendimento do valor posicional.

A decisão de se optar pelo formato de e-book justifica-se pela versatilidade, acessibilidade e possibilidade de circulação entre professores e coordenadores da educação básica, permitindo a articulação de textos, imagens, atividades, inclusive em PDF, vídeo e podcast elaborados durante a pesquisa, de maneira integrada e pedagógica para favorecer sua utilização em diferentes realidades escolares.

O objetivo central do produto é oferecer estratégias acessíveis, lúdicas e inclusivas que auxiliem os alunos no processo de compreensão do SND, promovendo um aprendizado ativo e significativo. Destina-se não apenas a crianças sem dificuldades evidentes de aprendizagem, mas também a estudantes neurodivergentes, valorizando a diversidade presente em sala de aula e buscando atender às orientações da BNCC sobre inclusão. Nesse sentido, o produto representa um diferencial do mestrado profissional, ao unir teoria e prática, possibilitando a aplicação direta no cotidiano escolar.

O produto educacional consiste em um conjunto de atividades, cada uma voltada para objetivos específicos do SND. Essas propostas foram elaboradas a partir da integração de materiais manipulativos (como cartões numéricos, quadros de valor posicional, jogos de tabuleiro e recursos confeccionados com materiais de baixo custo) com princípios do Pensamento Computacional Desplugado, que estimulam habilidades como decomposição de problemas, identificação de padrões, abstração e elaboração de algoritmos.

Entre as atividades propostas, destacam-se as que envolveram:

- Jogos de construção numérica, em que os alunos manipulam cartões para formar números e discutir o valor posicional de cada algarismo.

- Desafios de ordenação e comparação, que incentivam a análise de grandezas numéricas em diferentes contextos.
- Situações-problema contextualizadas, que exploram o raciocínio lógico e a formulação de estratégias individuais e coletivas.
- Atividades colaborativas em grupo, estimulando a comunicação, a troca de ideias e a construção conjunta de soluções.

O conjunto de atividades apresenta cinco propostas com objetivos específicos e denominadas da seguinte forma: 1ª) “Que número é Esse? 1ª Etapa”; 2ª) “Que Número é Esse 2ª Etapa”; 3ª) “Desafio dos Números”; 4ª) “Jogando os Números na Lousa”; 5ª) “Contando meu Dinheiro”. Todas as propostas foram estruturadas de modo a permitir diferentes formas de participação e adaptação, quando necessário. O material apresenta ainda orientações didáticas ao professor, sugestões de mediação e possibilidades de variação das tarefas, o que favorece sua utilização em diferentes contextos escolares. O processo de construção do produto educacional seguiu os princípios da Design Science Research, desenvolvendo-se em dois ciclos:

- Planejamento, desenvolvimento e aplicação – levantamento das dificuldades mais recorrentes dos alunos em relação ao SND, estudo da literatura e definição dos objetivos pedagógicos das atividades, elaboração das propostas e experimentação em duas turmas de 5º ano do Ensino Fundamental, registrando observações, produções dos alunos e interações durante as aulas.
- Avaliação e ajustes – análise dos resultados e adequação das atividades a partir das evidências coletadas, buscando torná-las mais claras, acessíveis e eficazes para diferentes perfis de estudantes e reaplicáveis.

A fundamentação do produto apoiou-se em três eixos principais:

- A BNCC (Brasil, 2017), que orienta o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao número e ao SND desde os anos iniciais.
- Pesquisas sobre ensino de Matemática, que apontam as dificuldades dos alunos no entendimento do SND e a necessidade de superar práticas centradas apenas na memorização.
- A abordagem do Pensamento Computacional Desplugado, que amplia a compreensão de conceitos matemáticos ao favorecer a resolução de problemas e o raciocínio lógico de forma lúdica e acessível.

Assim, o produto educacional representa não apenas uma resposta às demandas práticas do ensino do SND, mas também uma contribuição para a formação docente, oferecendo recursos

que articulam teoria e prática, inovação e acessibilidade, em consonância com os objetivos do mestrado profissional em Educação Matemática. Além do conjunto de atividades, o produto educacional inclui também um podcast sobre a pesquisa que pode ser acessado pelo link https://drive.google.com/file/d/19thAfQAfNtg-Y_8Fb5ZJkKKbtPmVoSB6P/view e um vídeo explicativo que apresenta o conceito de Pensamento Computacional, seus pilares, a relação com a BNCC e suas possibilidades de aplicação no ensino da Matemática que encontra-se no link <https://youtu.be/ZE2VkRm3bys> que ampliam as formas de acesso e compreensão dos conteúdos.

Para uma compreensão mais abrangente dessa escolha, serão caracterizados o espaço escolar em que se desenvolveu a proposta, o público-alvo a que se destina e a ação pedagógica realizada, permitindo evidenciar a adequação do recurso às necessidades reais do ambiente educacional.

A pesquisa foi desenvolvida na Escola Municipal Santos Dumont, localizada no bairro homônimo, na região oeste de Juiz de Fora (MG), instituição de referência no atendimento a estudantes com deficiências e que atende majoritariamente filhos de moradores locais e de bairros vizinhos. O experimento ocorreu em duas turmas de 5º ano do Ensino Fundamental, totalizando cerca de 38 alunos, entre 10 e 12 anos, incluindo crianças imigrantes e estudantes com necessidades educacionais específicas, acompanhados por professora de apoio.

O Projeto Político-Pedagógico da escola, recentemente atualizado, enfatiza a inclusão e a articulação entre currículo e comunidade, buscando reduzir o fracasso e a evasão escolar. No cotidiano das aulas de Matemática, observou-se a presença de diferentes níveis de autonomia entre os alunos, com alguns reproduzindo mecanicamente as atividades e outros demonstrando maior compreensão, ainda que com dificuldades. Nesse cenário, a utilização de materiais manipulativos e jogos tem se consolidado como estratégia pedagógica significativa, oferecendo maior segurança, favorecendo a assimilação dos conteúdos relacionados ao Sistema de Numeração Decimal e promovendo práticas mais participativas e inclusivas com a possibilidade de constantes atualizações e adaptações, o e-book desenvolvido auxilia na formação continuada e reflexiva dos professores.

Durante as atividades, observou-se que o uso de materiais manipulativos aliado ao Pensamento Computacional Desplugado favoreceu maior engajamento, participação ativa e compreensão dos conceitos relacionados ao Sistema de Numeração Decimal. O feedback dos alunos foi positivo, destacando o caráter lúdico e desafiador das propostas, enquanto os professores ressaltaram a clareza das orientações e a possibilidade de adaptação das tarefas a diferentes perfis de estudantes. A análise dos resultados evidenciou avanços significativos na

compreensão do valor posicional e na resolução de problemas, bem como maior autonomia e colaboração entre os pares. Esses elementos validam o produto educacional como recurso pedagógico inclusivo e eficaz, capaz de contribuir para o processo de ensino e aprendizagem da Matemática.

As atividades planejadas no produto educacional — “Que número é Esse? 1ª Etapa”, “Que número é Esse? 2ª Etapa”, “Desafio dos Números”, “Jogando os Números na Lousa” e “Contando meu Dinheiro” — contribuem diretamente para o desenvolvimento do pensamento computacional, em consonância com o Parecer CNE/CEB nº 02/2002, que reconhece a importância da inserção da Computação no contexto educacional brasileiro como meio de favorecer o raciocínio lógico, a criatividade e a resolução de problemas.

Ao mobilizar diferentes estratégias, como decomposição de problemas, identificação de padrões e elaboração de sequências lógicas, as atividades favorecem a construção de competências cognitivas fundamentais para o letramento digital e matemático, ampliando as possibilidades de aprendizagem significativa e interdisciplinar. Dessa forma, a proposta vai além da memorização de conteúdos, aproximando os estudantes de práticas que articulam a Matemática ao raciocínio computacional, conforme orienta a política nacional para o ensino da Computação na Educação Básica.

O PE atende à necessidade de inovação no ensino da Matemática na medida em que facilita a apropriação de conceitos, desenvolve competências e habilidades aplicáveis em todos os campos de conhecimento sob a ótica do PCD, que estimula a criatividade, a criticidade, a participação e a colaboração entre educadores e educandos com recursos materiais manipuláveis.

Estabelecendo a conexão com o capítulo destinado ao Produto Educacional, apresenta-se a seguir o conjunto de atividades elaboradas, que materializam, na prática, os princípios e objetivos descritos anteriormente.

6 ATIVIDADES PROPOSTAS

Este capítulo apresenta o conjunto de atividades elaboradas no âmbito desta pesquisa, totalizando cinco propostas voltadas ao ensino do Sistema de Numeração Decimal a partir da abordagem do Pensamento Computacional Desplugado foram adaptadas do trabalho realizado pelos pesquisadores Constance Kamii (1995) e Eduardo Sarquis Soares (2010). A organização das atividades seguiu alguns requisitos fundamentais: a utilização de materiais manipulativos acessíveis, a adaptação para atender às necessidades educacionais dos estudantes, a progressão gradual da complexidade das tarefas e a possibilidade de articulação entre trabalho individual,

em duplas e em grupos.

Cada proposta foi concebida de forma a dialogar diretamente com os objetivos da pesquisa, que buscam promover uma aprendizagem mais significativa, inclusiva e reflexiva da Matemática, bem como com as orientações da BNCC, que destacam a importância do desenvolvimento de habilidades relacionadas à leitura, escrita, comparação, ordenação e compreensão do valor posicional dos números. Nesse sentido, as atividades aqui descritas visam não apenas consolidar conceitos matemáticos essenciais, mas também estimular a autonomia, a colaboração e o raciocínio lógico dos estudantes.

A proposta é a utilização de um conjunto de atividades que será aplicado na Escola Municipal Santos Dumont, de Fora (MG), com duas turmas do 5º ano do Ensino Fundamental I, em que será abordado o ensino e a aprendizagem do SND, usando então a unidade temática dos Números preconizada pela BNCC. Cada uma das atividades será desenvolvida durante as aulas de Matemática com duração de 80 minutos.

Para o desenvolvimento das atividades, os participantes da pesquisa necessitam apenas de materiais pessoais, como lápis e borracha, sendo os demais materiais utilizados fornecidos pela pesquisadora.

Principais objetivos a serem alcançados pelos alunos são, além de realizar cálculos mentais, compreender as características e propriedades do sistema de numeração decimal envolvendo a classe dos milhares até a 5ª ordem e o valor posicional dos números.

O registro das informações relativos à aplicação do conjunto de atividades foi realizada por meio de fotos das tarefas escritas, áudios dos argumentos das crianças, filmagens e fotos do momento da realização das atividades, além de registros escritos, pictográficos individuais e coletivos das crianças e da professora, durante as quatro tarefas desenvolvidas em 5 aulas nas duas turmas.

As tarefas propostas, ao integrarem os materiais manipulativos e estratégias de Pensamento Computacional Desplugado, consolidam-se como parte constitutiva do produto educacional elaborado, uma vez que foram elaboradas de forma a articular teoria e prática, alinhando-se aos objetivos da pesquisa e às orientações da BNCC. Nesse sentido, cada atividade não apenas promoveu a aprendizagem do Sistema de Numeração Decimal, mas também funcionou como instrumento de validação da proposta pedagógica, permitindo observar sua aplicabilidade em sala de aula.

Assim, ao concluir a apresentação do produto, abre-se espaço para o próximo capítulo, em que serão descritos o processo de aplicação e a análise dos resultados obtidos, evidenciando as potencialidades e os limites do material desenvolvido.

6.1 PRIMEIRA ATIVIDADE: “QUE NÚMERO É ESSE? 1ª ETAPA”

Nesta atividade, as habilidades recomendadas na BNCC e no Parecer CNE/CEB nº: 2/2022 que conduziram o experimento são previstas para o 4º e o 5º Ano do Ensino Fundamental I da seguinte forma: (EF04MA03) – resolver e elaborar problemas com números naturais envolvendo adição e subtração, utilizando estratégias diversas, como cálculo, cálculo mental e algoritmos, além de fazer estimativas do resultado; (EF05CO04) – criar e simular algoritmos representados em linguagem oral, escrita ou pictográfica, que incluam sequências, repetições e seleções condicionais para resolver problemas de forma independente e em colaboração.

A escolha por revisar essas habilidades tem por objetivo investigar o conhecimento das crianças em relação à construção de números e ao cálculo mental, além de favorecer a análise da pesquisadora em relação aos procedimentos, às estratégias e às hipóteses usadas pelas crianças.

O recurso a ser utilizado constitui-se de fichas coloridas de papel e duas folhas fornecidas pela pesquisadora/professora em que as crianças realizam seus registros.

Para cada cor de ficha foram adotados os seguintes valores: ficha marrom vale 1; ficha vermelha vale 10; ficha azul vale 100; ficha amarela vale 1000; e a ficha preta vale 10000. Na primeira folha denominada “Que número é Esse? 1ª Etapa”, cada número a ser registrado é representado por uma variedade de fichas colocadas aleatoriamente.

No primeiro momento, as crianças receberam as orientações sobre o procedimento do jogo após formarem grupos com 4 integrantes cada um. As fichas coloridas necessárias para a construção dos números sugeridos na folha ficaram espalhadas em cima de uma das mesas da sala.

A cada número a ser construído uma das crianças do grupo deveria separar e organizar as fichas, de acordo com suas hipóteses, em suas carteiras.

Em seguida, cada participante registrou no material impresso o número que construiu. A folha de registro elaborada segue representada na Figura 8.

Figura 8 - Material impresso para a atividade “Que número é esse? 1ª Etapa”.

Que número é esse? 1ª Etapa

Descubra qual número está sendo representado, para isso troque os cartões por seus valores e forme números!

Participante: _____

= 10000
 = 1000
 = 100
 = 10
 = 1

1º Número: 	2º Número:
3º Número: 	4º Número:

PPG EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

 Universidade Federal do Rio de Janeiro
 Mestranda: Alessandra Oliveira de Carvalho

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

A utilização de fichas coloridas com valores previamente definidos contribui significativamente para a representação concreta da composição dos números, promovendo, de maneira lúdica e colaborativa, a compreensão do valor posicional e das operações de adição e subtração.

Ademais, ao incorporar a criação e a simulação de algoritmos por meio de diferentes formas de registro – oral, escrita e pictográfica –, a atividade potencializa o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao pensamento computacional, tais como organização lógica de informações, tomada de decisões fundamentadas e trabalho em equipe, elementos essenciais para a resolução de problemas de forma autônoma e cooperativa.

6.2 SEGUNDA ATIVIDADE: “QUE NÚMERO É ESSE? 2ª ETAPA”

Na atividade intitulada “Que Número é Esse? 2ª Etapa”, foram planejadas de modo a contemplar diretamente habilidades previstas na BNCC (2017), especialmente aquelas relacionadas ao desenvolvimento do Pensamento Computacional.

Assim, buscou-se mobilizar a habilidade (EF05CO03), que orienta os estudantes a utilizarem diferentes formas de representação — como fluxogramas, esquemas, diagramas e linguagem natural — para estruturar soluções de problemas. Em continuidade, contemplou-se a habilidade (EF05CO04), voltada à criação e simulação de algoritmos representados em distintas linguagens (oral, escrita ou pictográfica), incorporando sequências, repetições e seleções condicionais, tanto de forma individual quanto em colaboração com os colegas. Por fim, incluiu-se a habilidade (EF05CO05), que estimula os alunos a testarem, revisarem e aperfeiçoarem algoritmos, identificando falhas, propondo melhorias e consolidando um processo reflexivo sobre suas próprias produções.

No entanto, nesta fase, a aplicação ocorre de forma individual, e os registros são realizados no material impresso do conjunto de atividades, na qual os participantes devem elaborar duas novas hipóteses para a construção dos números previamente estabelecidos. Os registros podem ser realizados de forma pictográfica e/ou escrita, representando os números com base nas compreensões construídas até o momento. As fichas coloridas continuam disponíveis sobre uma das mesas da sala, podendo ser utilizadas pelos alunos conforme sua preferência. Em seguida, a pesquisadora registra na lousa as hipóteses dos participantes que desejarem compartilhar oralmente os procedimentos adotados para a resolução da tarefa.

Nesse momento, são realizadas intervenções pedagógicas orientadas, com o objetivo de conduzir o grupo à elaboração de um “caminho” ou processo de resolução sistemático, que possa ser compreendido e replicado na formação de novos números. Tais intervenções partem de questionamentos específicos que visam aprofundar o raciocínio e favorecer a generalização das estratégias utilizadas. As questões para a intervenção serão as seguintes:

- Temos formas diferentes de construir os números?
- Como organizar nosso pensamento, nossos cálculos para chegar ao número final?
- O que podemos observar de semelhante, de igual entre as soluções para formar os números? Quantas fichas? Que cores? Que repetições foram mais usadas e podem ser reutilizadas?

Com a elaboração do material, intencionou-se observar as habilidades de cálculo e identificar as hipóteses iniciais das crianças em relação aos pilares do PC que usam intuitivamente e, a partir daí, construir uma proposta baseada nesta abordagem. A Figura 9 ilustra o material impresso elaborado e aplicado para a atividade “Que número é esse? 2ª Etapa”

Figura 9 - Material impresso usado para a atividade Que Número é Esse? 2ª Etapa.

Que número é esse? 2ª Etapa

Vamos observar os números abaixo e representá-los de duas maneiras diferentes com os cartões coloridos.

Participante: _____

Preto = 10000 Amarelo = 1000 Azul = 100 Vermelho = 10 Marrom = 1

Número 64	Número 126
Número 2039	Número 10100

PPG EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA UFRPE Mestranda: Alessandra Oliveira de Carvalho

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Nessa atividade, os alunos são desafiados a elaborar suas próprias representações para os números indicados, decidindo de forma autônoma como combinar as fichas para compor os valores propostos. Essa fase demanda maior independência e reflexão, uma vez que cada criança é responsável por elaborar e registrar suas hipóteses de maneira individual.

6.3 TERCEIRA ATIVIDADE: “DESAFIO DOS NÚMEROS”

Com o objetivo de investigar se os participantes da pesquisa compreendem o SND, a atividade denominada “Desafio dos Números” foi elaborada seguindo a habilidade descrita (BNCC), na unidade temática Números, para o 5º Ano do Ensino Fundamental da seguinte forma: (EF05MA01) – Ler, escrever e ordenar números naturais até a ordem das centenas de milhar com compreensão das principais características do SND, a partir dos estudos de Lerner e Sadovsky (1996), que forneceram dados para a construção desse instrumento de pesquisa.

A atividade, realizada em grupos de 3 a 4 crianças, desenvolve-se a partir de um jogo: sobre uma folha, os participantes utilizam fichas de 0 a 9 para formar números na reprodução do Quadro Valor de Lugar QVL composto de cinco ordens decimais.

Na mesma folha, há uma tabela onde são registrados os números formados por todos os participantes. Com a folha pretende-se identificar as estratégias utilizadas para formar os números, a compreensão sobre valor posicional e o senso numérico de cada participante.

Também como um aspecto a ser observado é a identificação de quais pilares do PC foram utilizados pelas crianças nesta atividade.

Cada criança recebe cinco fichas sorteadas e a folha de registro das rodadas. Em seguida, a pesquisadora explica o objetivo da tarefa: construir o maior número possível com as fichas recebidas, entender as regras do jogo, assim como, preencher a folha usada na proposta.

Os grupos são orientados a definir quem vai exercer as funções de embaralhar e distribuir as cartas. Também fica combinado que, a cada rodada, os jogadores devem destacar na folha o maior número formado.

Vence o jogo a criança que, ao final de seis rodadas, tiver mais números circulados; em caso de empate, realiza-se uma rodada extra entre esses jogadores.

A mediação da professora/pesquisadora deve ocorrer durante a atividade, nos grupos, com as seguintes questões:

- Qual o maior número formado? Como se lê esse número?
- Vocês mudariam o número formado por algum participante para que este formasse um número ainda maior? Como?
- Por que você organizou os números desta forma?

A Figura 10 ilustra a terceira folha desenvolvida para a realização da atividade “Desafio dos números”:

Figura 10 - Material impresso para a atividade Desafio dos números.

Desafio dos Números 123

Quem consegue formar o maior número?

Participante: _____

RODADA	PARTICIPANTE	PARTICIPANTE	PARTICIPANTE	PARTICIPANTE
Nº 01				
Nº 02				
Nº 03				
Nº 04				
Nº 05				
Nº 06				

DEZENA DE MILHAR	UNIDADE DE MILHAR	CENTENA	DEZENA	UNIDADE

PPG EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA | INSTITUTO DE EDUCAÇÃO | Mestranda: Alessandra Oliveira de Carvalho

1

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Ao sortear fichas com valores distintos e desafiar as crianças a formarem o maior número possível, a atividade promove a aplicação prática do conhecimento sobre valor posicional, além de desenvolver habilidades sociais, como cooperação e organização de funções dentro do grupo.

6.4 QUARTA ATIVIDADE: “JOGANDO NÚMEROS NA LOUSA”

Nesta atividade os objetivos foram pensados de acordo com as habilidades previstas na BNCC e no Parecer CNE/CEB no 2/2022 (Normas sobre Computação na Educação Básica – Complemento à Base Nacional Comum Curricular) e descritos da seguinte forma: (EF04MA03) – Resolver e elaborar problemas com números naturais envolvendo adição e subtração, utilizando estratégias diversas, como cálculo, cálculo mental e algoritmos, além de fazer estimativas do resultado; (EF05MA01) – Ler, escrever e ordenar números naturais até a ordem das centenas de milhar com compreensão das principais características do sistema de numeração decimal; (EF05CO04) – Criar e simular algoritmos representados em linguagem oral, escrita ou pictográfica, que incluem sequências, repetições e seleções condicionais para resolver problemas de forma independente e em colaboração. A fundamentação teórica que ampara esta atividade são as pesquisas de Constance Kamii (1985) com base no construtivismo de Jean Piaget (1980).

Desenvolvemos essa atividade porque é bom que as crianças calculem sem o apoio de lápis e papel e é particularmente importante para os usuários dos algoritmos convencionais operarem com números não alinhados em colunas. Muitas crianças que usam algoritmos conhecem as regras se somar sempre da direita para a esquerda e do ‘vai um’, mas não conseguem aplicá-las quando os números se encontram desalinhados (Kamii, 1995, p.192).

A proposta consiste em estimular as crianças a realizarem cálculos mentais. Neste primeiro momento, nenhum recurso material pode ser usado pelas crianças, apenas a pesquisadora usa a lousa para escrever os seguintes números: 15, 42, 50 e 50. A atividade é individual para que cada participante desenvolva suas ideias.

Esses números foram escolhidos de forma a não haver operações com reservas, facilitando, inicialmente, os cálculos mentais. Os participantes devem realizar uma adição entre esses números, estimar um resultado e escrevê-lo na folha, jogando os números na lousa e, com a contribuição dos participantes que desejarem, as soluções são registradas na lousa. Num segundo momento do experimento, o mesmo procedimento usado inicialmente é repetido com os números 510, 31, 242 e 6. Com a folha pretende-se comparar respostas e procedimentos, estimular o trabalho simultâneo entre o cálculo escrito e o mental e organizar um registro que possibilite a utilização do PCD. A Figura 11 ilustra a folha utilizada:

Figura 11 - Material impresso para a atividade “Jogando os Números na Lousa”.

Jogando os Números na Lousa

Vamos contar sem usar lápis e papel.
Faça seus cálculos de cabeça.

Participante: _____

50 15
42 50

Qual o total da soma?

Como da primeira vez, calcule o total e escreva o resultado, depois explique como você os calculou na sua cabeça.

PRODA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA UFPA
Mestranda: Alessandra Oliveira de Carvalho

1

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A atividade permite observar o desenvolvimento do raciocínio lógico e alterar estratégias de pensamento, além de possibilitar situações para introduzir elementos do PCD, como decomposição de números, organização sequencial de ideias e análise de padrões. A folha de registro elaborada sistematiza as observações da pesquisadora e auxilia na identificação das estratégias utilizadas pelos estudantes.

6.5 QUINTA ATIVIDADE: “CONTANDO MEU DINHEIRO”

Nesta atividade, os participantes manipulam notas de brinquedo que representam o sistema monetário brasileiro. Junto com o material manipulado, com as notas de brinquedos em quantidades e valores diferentes, as crianças recebem também uma folha em que é descrita uma situação problema: Ganhei dinheiro de presente, mas não sei quanto. Você me ajuda a contar quanto ganhei? A quantidade totaliza R\$748,00 distribuídos em 6 notas de R\$5,00, 4 notas de R\$10,00, 3 notas de R\$100,00, 4 notas de R\$2,00, 1 nota de R\$200,00, 3 notas de R\$50,00 e 1 nota de R\$20,00. Individualmente, as crianças devem calcular o total de dinheiro, deixando registradas na folha suas estratégias para contar os valores.

As habilidades previstas na BNCC e no Parecer CNE/CEB no 2/2022 (Normas sobre Computação na Educação Básica – Complemento à Base Nacional Comum Curricular), que compõem o objetivo dessa atividade, são: (EF03MA24) – Resolver e elaborar problemas que envolvam comparação e equivalência de valores monetários do sistema brasileiro em situações de compra, venda e troca; (EF05MA01) – Ler, escrever e ordenar números naturais até a ordem das centenas de milhar, com compreensão das principais características do sistema de numeração decimal; (EF04MA02) – Mostrar, por decomposição e composição, que todo número natural pode ser escrito por meio de adições e multiplicações por potências de dez, para compreender o SND e desenvolver estratégias de cálculo.

A proposta também tem o objetivo de compartilhar as estratégias usadas na lousa da sala de aula para perceber quais são mais empregadas e quais são mais fáceis de ser replicadas. Dessa forma, as habilidades do PCD (decomposição, reconhecimento de padrões e algoritmo) também são inseridas como uma abordagem para a construção das soluções de um problema. Esta atividade tem ainda o intuito de avaliar se as soluções apresentadas no registro escrito ou pictográfico das crianças já demonstram compreensão das regras e propriedades do SND (os agrupamentos na base dez, valor posicional dos algarismos e o princípio multiplicativo e aditivo). As notas são dispostas na folha para as crianças elaborarem estratégias sem a influência de seus valores. A Figura 12 identifica a folha usada, e a Imagem 1, a realização da atividade:

Figura 12 - Material impresso para a atividade “Contando meu Dinheiro”.

Fonte: Elaborada pela autora.

Imagem 1 - Realização da atividade “Contando meu Dinheiro”.



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024).

A atividade “Contando meu Dinheiro” tem o duplo propósito de compartilhar e sistematizar estratégias na lousa bem como de verificar a apropriação dos fundamentos do SND pelos estudantes, inclusive aqueles com deficiência, promovendo um ambiente de aprendizagem colaborativa e reflexiva, capaz de fortalecer tanto a autonomia cognitiva quanto a capacidade de generalização de procedimentos.

Dessa forma, as atividades propostas, organizadas a partir dos objetivos da pesquisa e em consonância com a BNCC, configuram-se como o núcleo do produto educacional, articulando materiais manipulativos e Pensamento Computacional Desplugado em uma abordagem inovadora para o ensino do Sistema de Numeração Decimal.

A apresentação dessas tarefas encerra a etapa de planejamento e fundamentação, preparando o leitor para o próximo capítulo, no qual serão relatados os processos de aplicação em sala de aula, bem como os resultados e análises realizados em cada ciclo da Design Science Research, evidenciando a efetividade e as contribuições da proposta.

7 APLICAÇÃO, RESULTADOS E ANÁLISES DOS CICLOS DA DSR

Este capítulo aborda os resultados e as análises realizadas ao longo das diferentes fases do processo de pesquisa desenvolvida com estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental, incluindo crianças com deficiência, tendo como foco o ensino do SND por meio de atividades desplugadas baseadas no PC. Inicialmente, são apresentados os resultados preliminares, produzidos durante a aplicação dos ciclos, os quais revelaram potencialidades e limitações da proposta didática em construção.

O presente capítulo tem como objetivo apresentar a aplicação das atividades desenvolvidas com os estudantes, descrevendo o processo de realização, os registros produzidos e os principais resultados observados em cada ciclo. Busca-se evidenciar de que maneira as propostas favoreceram o desenvolvimento do pensamento computacional desplugado e a compreensão do Sistema de Numeração Decimal, sem, contudo, esgotar a análise dos dados. Uma comparação mais aprofundada entre os ciclos, com destaque para os avanços, dificuldades e recorrências identificadas, será realizada em capítulo posterior, de forma a possibilitar uma reflexão mais detalhada sobre os impactos pedagógicos das atividades aplicadas.

Os resultados preliminares possibilitaram observar aspectos importantes sobre o envolvimento dos alunos, as estratégias cognitivas utilizadas e os desafios enfrentados na compreensão do conteúdo matemático. A partir dessas observações, foi estruturado um novo ciclo de experimentação. Os resultados desse segundo ciclo são também analisados e discutidos neste capítulo, evidenciando os impactos das modificações implementadas e os avanços na aprendizagem dos alunos.

Por fim, apresenta-se uma análise comparativa entre os dois ciclos de aplicação da proposta pedagógica, possibilitando identificar avanços na compreensão do SND por parte dos estudantes e a relevância do PCD como abordagem metodológica. O desenvolvimento da pesquisa em ciclos demonstrou-se relevante na medida em que possibilitou observar o potencial formativo da pesquisa e suas implicações positivas para a promoção de uma prática de ensino mais inclusiva, reflexiva e alinhada às necessidades dos estudantes nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

7.1 RESULTADOS DO 1º CICLO DE APLICAÇÃO DO CONJUNTO DE ATIVIDADES

As atividades cujos resultados serão apresentados neste capítulo correspondem àquelas previamente elaboradas e descritas no capítulo anterior, constituindo o núcleo do produto educacional desenvolvido nesta pesquisa.

A implementação do conjunto de atividades composta por jogos e materiais manipulativos associados à abordagem PCD demonstra-se auxiliar na consolidação do tema desta pesquisa, uma vez que os participantes mostram interesse nas atividades, solicitam ajuda de todos a sua volta e constroem ou ampliam seu conhecimento sobre o SND. O aprendizado é, portanto, mais estimulante, colaborativo, além de favorecer intervenções de todos os envolvidos, deixando de ser uma prática pedagógica estática. Os resultados preliminares em cada uma das atividades propostas demonstram tais observações, sendo a seguir descritos.

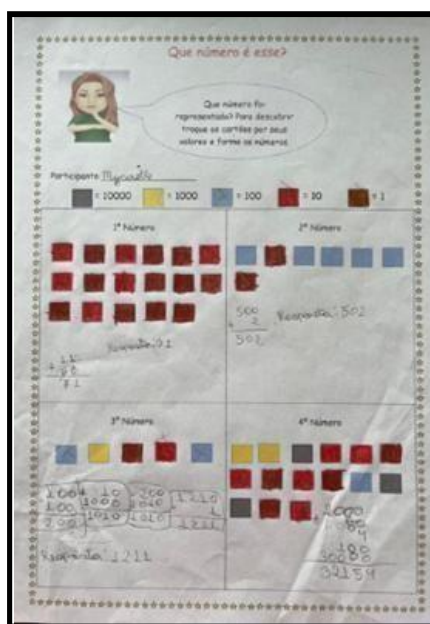
7.1.1 Primeira Atividade: “Que Número é Esse? 1ª Etapa”

A atividade “Que Número é Esse? 1ª Etapa”, realizada no dia 29/04/2024, teve duração de cerca de 80 minutos, num espaço amostral de 32 crianças. Ao analisar a proposta aplicada utilizando os conceitos da teoria de Jean Piaget em relação a abstração, constata-se que cerca de 40,6% das crianças conseguem realizar abstrações reflexivas em relação à construção dos números utilizando o cálculo mental, sendo que, nesse percentual, inclui-se uma criança com TEA. Num outro grupo, 25% passam por um estágio de transição, ou seja, realizam abstração empírica inicialmente, mas começam a elaborar estratégias que possibilitam a abstração reflexiva. Essas crianças utilizam os algoritmos como único recurso.

Quando questionados a respeito do uso das “continhas em pé”, justificaram que não conseguiram fazer os cálculos “de cabeça”. Outros, apesar de usarem esse recurso, apagaram essa escrita porque ficaram constrangidas em usar, já que a proposta era usar o material manipulativo e o cálculo mental, evidenciando preocupação desse grupo em realizar a escrita convencional. Nesse grupo, há duas crianças com déficit cognitivo moderado.

Uma dessas crianças buscou criar várias estratégias de cálculo, mas por insegurança acabou por apagar todas as suas hipóteses e copiar a resposta dos colegas. Algumas dessas situações descritas foram registradas na figura 13.

Figura 13 - Resposta desenvolvida por participante da pesquisa.



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024)

Já 34,4% dos participantes apenas copiaram as respostas dadas pelos colegas. Isso ocorreu por não conseguirem elaborar uma estratégia de cálculo mental. Essas crianças precisam revisar conceitos matemáticos e habilidades elaboradas para anos anteriores descritas na BNCC quanto à atividades de estímulo a estratégias de cálculos, pois buscam memorizar regras de resolução de forma mecânica sem desenvolver argumentações.

Outra observação a se ressaltar é que, no início da atividade, nenhum grupo organizou as fichas de forma diferente à apresentada na folha, o que demonstra necessidade em replicar modelos e insegurança em construir lógica matemática. Supõe-se que a ênfase em métodos convencionais tem sido o enfoque de atividades anteriores. No decorrer da atividade, houve intervenção da pesquisadora em relação à organização das fichas; a partir desse momento, as crianças modificaram sua forma de organizar e identificaram no agrupamento de fichas por cores e/ou valores uma forma mais fácil e rápida de calcular. A Imagem 2 ilustra esse momento.

Imagem 2 - Foto da atividade “Que Número é Esse?” sendo realizada.



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024)

7.1.2 Segunda Atividade: “Que Número é Esse? 2ª Etapa”

No segundo momento da atividade “Que Número é Esse? 2ª Etapa”, que durou cerca de 80 minutos, realizada no dia 30/04/2024, de forma individual, foram envolvidas 36 crianças. Com relação aos objetivos desta atividade, os resultados demonstram que 80% compreenderam e realizaram a atividade de montagem dos números; 14% realizaram de forma incompleta, elaborando apenas uma forma de montagem; 6% não conseguiram realizar a atividade, com dificuldade para elaborar alguma estratégia de resolução, sendo que, do total de participantes, 13% necessitaram do material manipulativo.

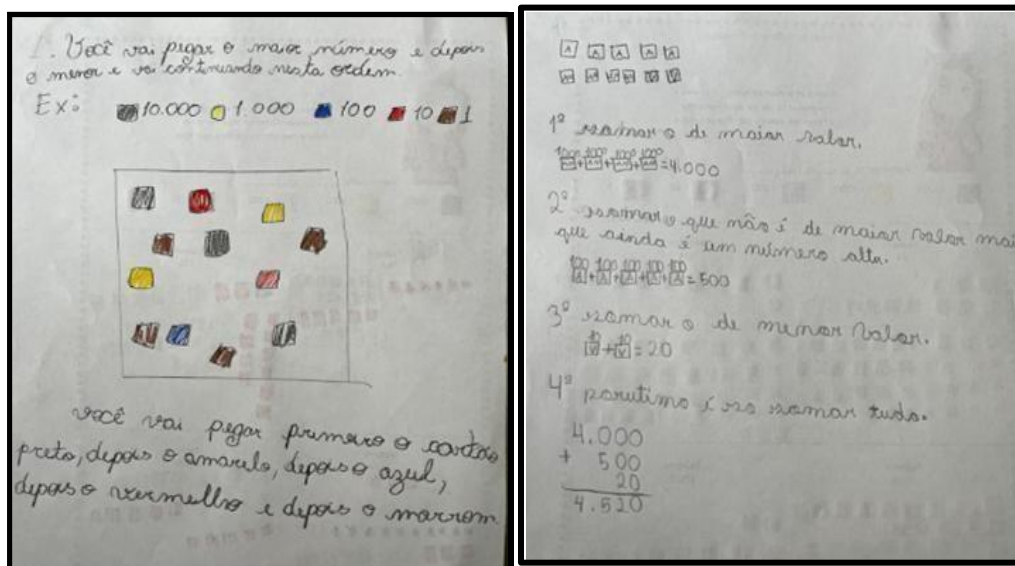
Entretanto, o objetivo elencado para o desenvolvimento do PC não foi atingido, porque, de forma geral, as crianças tiveram dificuldade para verbalizar as estratégias que usaram.

Diante disso, a pesquisadora alterou a proposta, escreveu na lousa o número 4520 e pediu que as crianças registrassem, com escrita convencional ou não, como representar o número nas fichas e qual o “caminho” ou cálculo usado por elas.

Após a alteração, 28% produziram uma representação da estratégia usada, 11% fizeram de forma incompleta ou confusa, de forma que nem os próprios autores não conseguiam explicar, e 61% não fizeram nenhuma forma de representação. Isso demonstra que a maioria dos participantes domina técnicas operatórias, mas apresenta dificuldade na elaboração de outras estratégias de resolução.

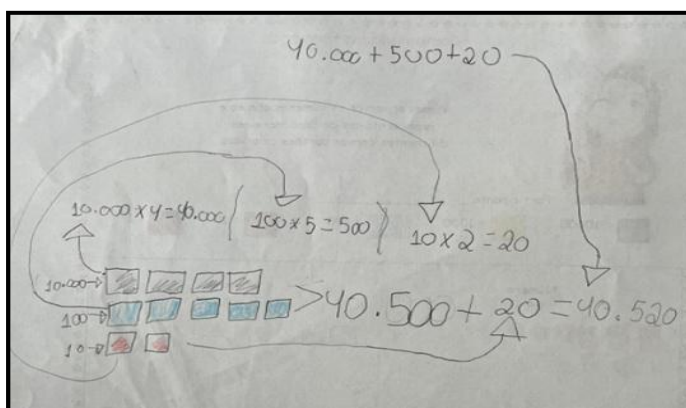
A maioria usou a estratégia de separar as fichas por cores ou valores. Em seguida, calculava com o auxílio do algoritmo ou mentalmente o resultado para conferir se a representação com as fichas estava correta, como demonstram as Figuras 14 e 15 (dois exemplos do uso dessa estratégia). Entretanto, um aluno utilizou vários conceitos matemáticos e, mesmo que intuitivamente, os pilares do PC, como decomposição, reconhecimento de padrões e algoritmo, como se pode observar na Figura 16.

Figuras 14 e 15 - Respostas desenvolvidas pelos participantes da pesquisa



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024).

Figura 16 - Resposta de um participante da pesquisa.



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024).

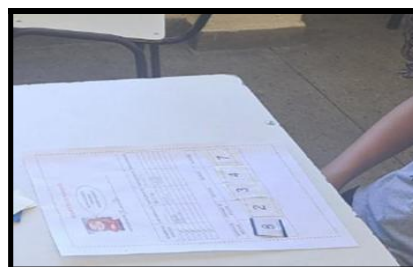
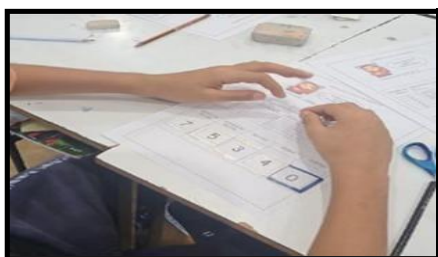
Apesar de o participante ter desenvolvido seu raciocínio lógico com um número diferente do determinado pela professora, observamos seu registro e cálculos corretos. O PC está presente de forma intuitiva, respectivamente, como: 1 decomposição, 2 reconhecimentos de padrão e 3 algoritmos. Mediante a análise das atividades, há possibilidade de estimular o PCD como uma abordagem para promover a conexão entre estratégias usadas pelos participantes, algoritmos convencionais, bem como princípios e propriedades do SND. Cabe ressaltar que o registro feito pelo participante demonstra aquisição e desenvolvimento das habilidades preconizadas pela BNCC e pelos pilares do PC, entretanto, em atividades desenvolvidas em sala de aula e avaliações, o aluno apresenta baixo desempenho.

7.1.3 Terceira Atividade: “Desafio dos Números”

A atividade “Desafio dos Números” foi aplicada no dia 06/05/2024, sendo utilizados 80 minutos em cada turma, num total de 29 crianças participantes. As análises e reflexões sobre essa atividade basearam-se nos estudos de Constance Kamii (1985) à luz da Teoria de Jean Piaget (1980), especificamente os conceitos de inclusão hierárquica e do pensar simultaneamente. Quatro níveis de compreensão em relação ao sistema de numeração decimal foram observados a partir das questões levantadas pela pesquisadora e pela atuação das crianças no decorrer do jogo.

No primeiro nível, 62% conseguiram responder aos questionamentos propostos e atuar diante deles. No segundo nível, 24,2% compreenderam e atuaram em relação às duas primeiras questões. Já no terceiro nível, 6,9% conseguiram compreender o primeiro questionamento. No quarto nível, 6,9% não atuaram de forma autônoma, de modo que participaram com o auxílio dos demais integrantes do grupo e copiaram a atuação deles. A análise indica que essas crianças, assim como aquelas do terceiro nível, usaram como estratégia colocar na ordem das dezenas de milhar os números maiores e, quando questionados sobre o motivo de fazê-lo, não souberam responder, o que confirma a compreensão do funcionamento do jogo, mas não consolidaram os princípios e propriedades do SND. As Imagens 3 e 4 ilustram essa análise.

Imagens 3 e 4 - Foto da atividade Desafio dos Números sendo realizada.



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024).

Também pode-se verificar que apenas as crianças do primeiro nível e parte das consideradas no segundo nível de compreensão construíram seus números por entender o valor posicional de cada ordem decimal, sabendo justificar e auxiliar as demais a construir novas possibilidades para números maiores. A pesquisadora realizou intervenções em cada grupo para direcionar as explicações das crianças e identificar suas justificativas, conforme diálogo a seguir:

(Pesquisadora) “– Alguém faria alguma alteração no número formado por uma colega para torná-lo maior?”

(Participante) “– Eu ia colocar o 7 do 84474 pra 87444 pra ficar mais maior, ...maior. Porque assim tá baixo no valor de 84474. Se eu coloco aqui, altera o valor porque o 7 vai ficar na unidade de milhar e não numa unidade simples, que vale menos.”

A Imagem 5 ilustra o diálogo anterior. O mesmo ocorreu em outros grupos em que, pelo menos, um participante deu a mesma justificativa. A criança com TEA participa da atividade ativamente, mas rejeita o registro escrito por questões de grafomotricidade. Também não realiza justificativas, mas lê e constrói os números de acordo com a proposta da atividade.

Imagem 5 - Foto da atividade “Desafio dos Números” sendo realizada.



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024).

Quanto ao PCD, observou-se que a ausência de argumentação oral devido à memorização mecânica de regras de resolução e de registro, não foi possível constatar os pilares utilizados do PCD. A identificação de decomposição, reconhecimento de padrão e de algoritmo vem da análise das estratégias usadas no decorrer do jogo, conforme os números montados pelos participantes.

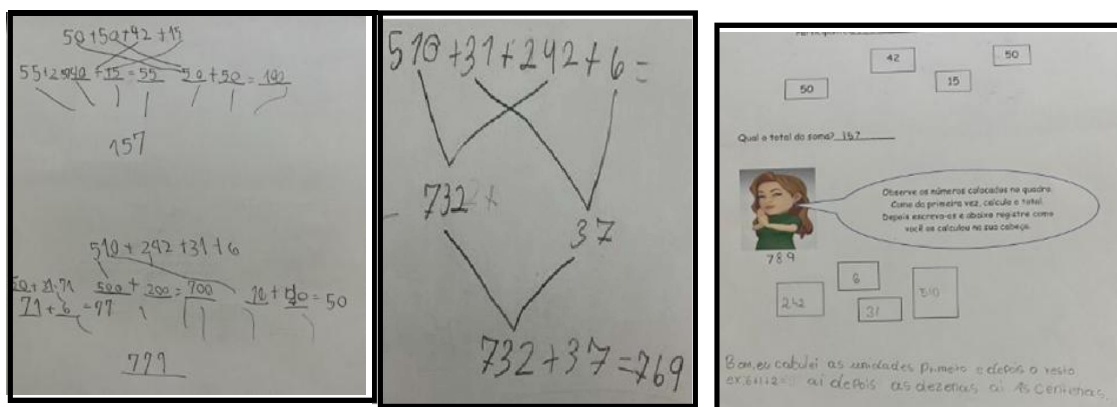
7.1.4 Quarta Atividade: “Jogando os Números na Lousa”

A atividade “Jogando os Números na Lousa” foi realizada no dia 8/05/2024 com duração de 80 minutos e 34 participantes. Apoiado nas características das operações matemáticas e no SND, o cálculo mental favorece o desenvolvimento de diversas técnicas operatórias e, consequentemente, ajuda os estudantes a compreenderem melhor o sistema numérico. Tendo essa compreensão, observamos que isso ocorreu com cerca de 31% dos participantes do experimento, entre os quais 26% argumentaram de forma escrita e/ou oral suas estratégias de cálculo. 18,4% não conseguiram concluir a atividade, mas buscaram, de alguma forma, solucionar o problema. A maioria apresentou como solução a soma de partes, em que foi efetuada separadamente a soma de cada ordem decimal para no final somar os resultados obtidos. Os PCN corroboram as soluções apresentadas pelas crianças da seguinte forma:

No cálculo mental, a reflexão centra-se no significado dos cálculos intermediários e isso facilita a compreensão das regras do cálculo escrito. O exercício e a sistematização dos procedimentos de cálculo mental, ao longo do tempo, levam-no a ser utilizado como estratégia de controle do cálculo escrito (Brasil, 1997)

Tais soluções podem ser observadas respectivamente nas Figuras 17, 18 e 19.

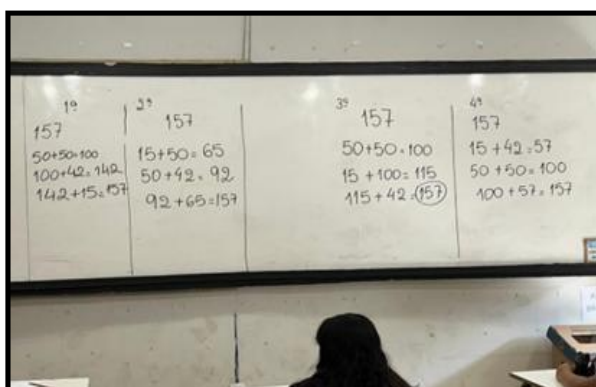
Figuras 17, 18 e 19 - Respostas desenvolvidas pelos participantes da pesquisa.



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024).

Nessas soluções estão presentes os quatro pilares do PC: a decomposição, o reconhecimento de padrões, a abstração e a formação de um algoritmo final. Tais soluções, que foram o ponto de partida para que fosse construída uma análise coletiva da lógica utilizada, demonstradas e discutidas de forma coletiva, como se observa na Imagem 6.

Imagem 6 - Atividade Jogando os Números na Lousa.



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024)

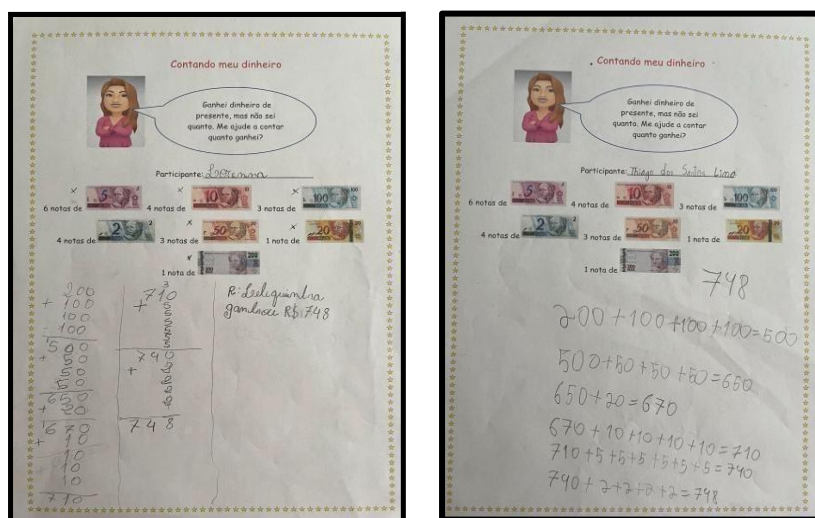
7.1.5 Quinta Atividade: “Contando meu Dinheiro”

A última atividade – “Contando meu Dinheiro” – foi desenvolvida no dia 27/05/2024, com a participação de 34 crianças. A primeira análise feita em decorrência dos registros das crianças foi em relação à estratégia usada para realizar os cálculos. Cerca de 53% das crianças realizaram as adições seguindo a disposição das notas sugeridas na folha, somando, primeiramente, cada grupo de notas do mesmo valor e, em seguida, adicionando todos os resultados obtidos em uma única adição. Quando questionados a explicar o motivo dessa estratégia, uma das crianças afirmou: “Assim não esqueço de nenhuma nota”. Outra criança, ao justificar o procedimento de cálculo usado disse: “Tenho que somar mesmo, então tanto faz por onde começo”. Nesse caso observamos que as crianças conseguem elaborar possibilidades de resolução, mas ainda optam por manter certa organização mecânica de resolução. De acordo com Lener (1995), isso justifica-se devido

[...] as crianças são capazes de elaborar estratégias adequadas para resolver os diversos problemas que lhes são formulados. Porém, algumas delas às vezes são levadas a renunciar às suas próprias possibilidades de pensar e optar por prender-se a certas ‘chaves’ linguísticas e numéricas que aparecem seguidamente nos ‘problemas-padrão’ geralmente apresentados na escola (LENER, p. 115, 1995).

Um outro grupo de crianças, 47%, organizou a solução para o problema adicionando, primeiramente, as notas de maior valor, num processo decrescente de adição. Registro dessas estratégias observamos nas Figuras 20 e 21.

Figuras 20 e 21 - Respostas desenvolvidas pelos participantes da pesquisa



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024).

Dentro do grupo amostral, 29% das crianças utilizaram duas operações como forma de solucionar o problema. Para calcular o valor de cada grupo de notas, utilizaram a multiplicação; para determinar o valor final, a adição. Foi reconhecido pela pesquisadora, inicialmente, que, ao apresentarem e discutirem o passo a passo baseado nessas habilidades, este grupo elabora estratégias de cálculo utilizando as habilidades do PCD, como ilustram as Figuras 22 e 23.

Figuras 22 e 23 - Resolução apresentada por participantes.

Contando meu dinheiro

Ganhei dinheiro de presente, mas não sei quanto. Me ajude a contar quanto ganhei?

Participante: Guilherme Mendes

6 notas de 5, 4 notas de 10, 3 notas de 100, 4 notas de 2, 3 notas de 50, 1 nota de 20, 1 nota de 200

$200 + 300 + 150 + 80 + 100 + 20 = 748$

200	150	70
+ 300	+ 70	+ 8
150	30	20
650	70	78

Contando meu dinheiro

Ganhei dinheiro de presente, mas não sei quanto. Me ajude a contar quanto ganhei?

Participante: Kathelijn

6 notas de 5, 4 notas de 10, 3 notas de 100, 4 notas de 2, 3 notas de 50, 1 nota de 20, 1 nota de 200

$5 \times 6 = 30$, $10 \times 4 = 40$, $100 \times 3 = 300$, $2 \times 4 = 8$, $50 \times 3 = 150$
 $20 \times 1 = 20$, $200 \times 1 = 200$
 $300 + 150 = 450$, $450 + 200 = 650$, $650 + 20 = 670$, $670 + 8 = 678$
 $678 + 70 = 748$

R: Ganhei R\$ 748

Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024)

Cabe ressaltar que os resultados não foram avaliados como “corretos” ou “errados” mediante a resposta final Matemática, mas observados mediante o processo de construção do raciocínio lógico para a resolução da situação-problema, aspecto de interesse da pesquisa. Além disso, constatamos que crianças com baixo aproveitamento escolar frente a atividades ditas tradicionais apresentam estratégias mais elaboradas, resoluções variadas e maior compreensão ao realizarem as propostas desta sequência de atividades, como demonstram as Figuras 24 e 25.

Ressalta-se que as tarefas aplicadas nos dois ciclos de aplicação correspondem às mesmas atividades previamente apresentadas no capítulo anterior, mantendo seus objetivos pedagógicos, a estrutura das etapas e o foco no desenvolvimento de habilidades relacionadas ao pensamento computacional desplugado. Essa consistência metodológica possibilitou acompanhar a evolução dos estudantes diante de situações idênticas, permitindo avaliar de forma mais precisa os avanços conceituais, as estratégias adotadas e a apropriação das regras do Sistema de Numeração Decimal ao longo do processo investigativo.

Ressalta-se que as atividades aplicadas em ambos os ciclos, encontram-se descritas detalhadamente no Capítulo 5, onde são apresentadas suas etapas, finalidades e contribuições para o desenvolvimento do pensamento computacional desplugado.

Entretanto, no segundo ciclo, foram realizados alguns ajustes relacionados à mediação da pesquisadora em relação aos procedimentos de intervenção e mediação no decorrer das atividades, com destaque para a ampliação das discussões coletivas sobre as estratégias elaboradas pelos estudantes bem como padronização dos registros dos participantes, favorecendo a socialização das ideias e a construção colaborativa do conhecimento. Tais modificações decorreram da análise crítica do artefato educacional em uso, demonstrando o caráter reflexivo e evolutivo da metodologia adotada e são descritas em cada atividade.

As próximas seções apresentam as análises dos resultados obtidos com o segundo ciclo de aplicação das atividades, identificando avanços, dificuldades e estratégias utilizadas, a fim de compreender como essas experiências contribuíram para o desenvolvimento do pensamento computacional desplugado.

7.2.1 Resultados da Atividade “Que Número é Esse? 1ª Etapa”

A atividade “Que Número é Esse? 1ª Etapa” foi realizada no dia 11/11/2024 e teve duração de cerca de 40 minutos, num espaço amostral de 36 crianças. Após a aplicação da atividade, verificou-se que um primeiro grupo de participantes, correspondente a aproximadamente 5,5% do total, elaborou suas respostas com base em conhecimentos predominantemente lógico-matemáticos e sociais de natureza convencional. Eles tendem a reproduzir soluções previamente internalizadas ao longo do processo escolar, demonstrando dificuldade em transpor esse repertório e avançar para estágios mais elevados de abstração. Tal comportamento pode ser compreendido à luz da teoria piagetiana, segundo a qual o conhecimento se desenvolve por meio de processos de construção ativa do sujeito. Em *A epistemologia genética* (1973), Jean Piaget distingue o conhecimento social e a abstração

empírica, enfatizando que ambos se formam a partir da interação do indivíduo com o meio e da experiência concreta com os objetos.

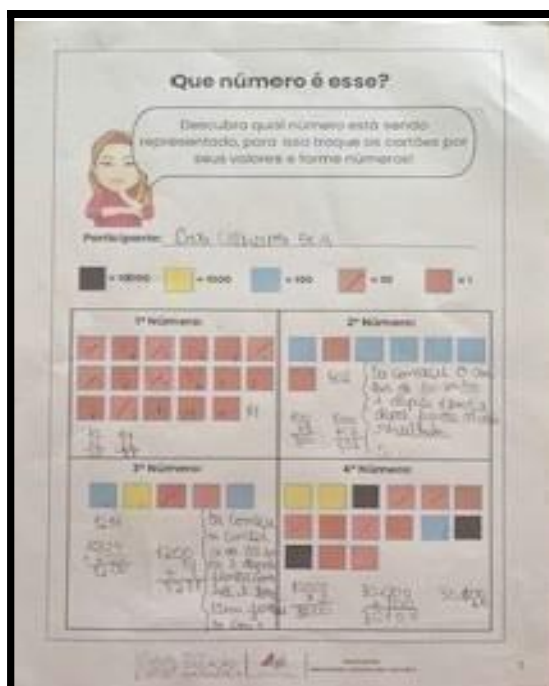
Para essas crianças, desenvolver uma estratégia diferente de uma conta convencional e repensar soluções ainda é um complicador. Num segundo grupo, cerca de 94,5% avançaram do estágio de abstração empírica e resolveram o problema apresentado na atividade utilizando a abstração reflexiva. A investigação neste ciclo averiguou que os participantes, em sua maioria, realizaram a atividade usando cálculos mentais, de forma rápida e mais assertiva em relação ao resultado final, não utilizando o material manipulativo elaborado para essa atividade, o que pode indicar um avanço deste estágio de aprendizagem, visto que os objetivos propostos foram atingidos e superados.

Na etapa seguinte, a pesquisadora/professora pediu aos participantes que a lógica construída como forma de resolução fosse apresentada de, pelo menos, duas maneiras possíveis, sendo estas escritas, pictográficas ou com algoritmos. No decorrer da atividade, verificou-se que 22,2% dos participantes atenderam à solicitação da pesquisadora/professora quanto ao registro das estratégias utilizadas na resolução das tarefas. Essa intervenção não representou qualquer dificuldade para os estudantes que realizaram o registro. No entanto, 77,8% dos alunos e alunas não realizaram a atividade conforme o solicitado.

A partir de relatos orais colhidos ao longo da intervenção, foi possível compreender que esses participantes já resolviam os cálculos mentalmente com relativa facilidade, não percebendo, portanto, a necessidade de registrar outras possíveis formas de resolução. Esse comportamento evidencia domínio prévio de habilidades operatórias, embora limite a visibilidade dos processos de pensamento utilizados, o que é relevante para a análise pedagógica das estratégias mobilizadas.

De acordo com o relato de uma das participantes, “esta atividade nós já fizemos e é fácil, não precisa escrever, só fazer de cabeça”. Observa-se, a partir dos registros dos participantes que atenderam à solicitação da pesquisadora/professora, maior habilidade em explicitar, por meio de diferentes representações, os procedimentos utilizados para a obtenção da solução. Essa diversidade de resoluções evidencia um raciocínio mais estruturado e permite melhor compreensão dos caminhos percorridos pelos estudantes, conforme ilustrado na Figura 26.

Figura 26 - Participante na atividade “Que Número é Esse? 1ª Etapa”.



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024).

Em relação às habilidades desenvolvidas a partir do PCD – notadamente decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmo –, observou-se, nesta etapa da pesquisa, maior facilidade por parte dos participantes da pesquisa em mobilizar e registrar essas competências. Tal constatação torna-se ainda mais evidente quando comparada ao 1º ciclo de aplicação da atividade, com o mesmo grupo, na qual houve maior dificuldade na identificação e explicitação dessas estratégias. Essa evolução sugere avanço no processo de familiarização e apropriação das habilidades envolvidas, possivelmente em função da continuidade das práticas propostas ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

As crianças neurodiversas apresentaram desempenho diferenciado, pois as habilidades do PC favoreceram a apropriação dos conteúdos matemáticos, oportunizaram a reelaboração dos mesmos e a construção de novos mecanismos de resolução. Sob esse olhar, foram analisadas oito crianças neurodiversas, das quais uma não conseguiu realizar a atividade com êxito dentro dos objetivos propostos devido à dependência de auxílio da professora de apoio. Todas as crianças deste grupo tiveram oportunidade de compartilhar a resolução que construíram. Pela Figura 27 podemos observar o protagonismo dessas crianças.

Figura 27 – Participação das crianças na atividades “Que Número é Esse? 1ª Etapa”



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024)

A reaplicação das atividades possibilitou constatar que a maioria das crianças demonstra maior segurança na leitura e identificação dos números. Ao comparar os resultados do primeiro com o segundo ciclo, evidenciam-se progressos significativos em diversos estudantes. Destaca-se o desenvolvimento da decomposição de problemas, evidenciado pela capacidade de dividir as tarefas em etapas menores para compreender o funcionamento do Sistema de Numeração Decimal. Houve também progressos no reconhecimento de padrões, com a identificação de regularidades na leitura e escrita dos números, facilitando a generalização de regras.

7.2.2 Resultados da Atividade “Que Número é Esse? 2ª Etapa”

A atividade “Que Número é Esse? 2ª Etapa”, como no primeiro ciclo de aplicação, foi dividida em dois momentos para a apresentação de duas formas diferentes de representar números. A segunda etapa da atividade foi realizada no dia 18/11/2024, com 30 crianças e durou cerca de 50 minutos. Em síntese, observou-se que as soluções apresentadas pelas crianças frente à proposição da atividade foram diferentes, permitindo distinguir os participantes em três grupos:

- Cerca de 10% das crianças apresentaram como solução apenas um algoritmo, aditivo ou multiplicativo, justificando tal solução por representar a utilização de cálculos mentais;
- Um segundo grupo com 20% das crianças concluiu a atividade como foi proposta, apresentando duas soluções para a representação dos números e utilizando apenas o desenho das fichas e todos com resultados corretos de acordo com cálculos matemáticos.

- O terceiro grupo, que envolvia cerca de 70% das crianças, ao apresentar duas formas de representação, utilizavam o desenho das fichas e a elaboração de uma conta convencional para expressar o raciocínio utilizado.

Embora as crianças tenham demonstrado diferentes estágios de desenvolvimento cognitivo ao longo da atividade, a ausência do uso do material manipulativo – especificamente as fichas coloridas –, observada novamente nesta etapa, sugere que parte dos estudantes avançou para um estágio de abstração reflexiva. Segundo Piaget (1973), esse tipo de abstração ocorre quando o sujeito, a partir de operações mentais internalizadas, é capaz de refletir sobre suas próprias ações cognitivas e organizá-las em níveis superiores de pensamento. No contexto da atividade desenvolvida, esse avanço é evidenciado pela consideração consciente do valor posicional, pelo desenvolvimento do senso numérico e pela habilidade de realizar a inclusão de classes e ordens no SND, sem mediação de suportes concretos.

No desenvolvimento das atividades propostas, foi possível identificar a presença de três pilares fundamentais do PC – decomposição, reconhecimento de padrões e abstração – os quais se manifestaram, especialmente, nas estratégias utilizadas pelos estudantes para resolverem os desafios relacionados ao SND, permitindo-lhes desmembrar problemas complexos em partes menores, identificar regularidades e generalizar estruturas numéricas. A aplicação desses pilares é ilustrada na Figura 28, que evidencia como os alunos mobilizaram tais competências ao longo da atividade, demonstrando: (a) o uso de cálculo convencional com aplicação dos pilares do PCD; (b) combinação de duas estratégias com os pilares do PCD.

Figura 28 - Registros feitos pelos participantes da pesquisa.

Figura 28 (a)

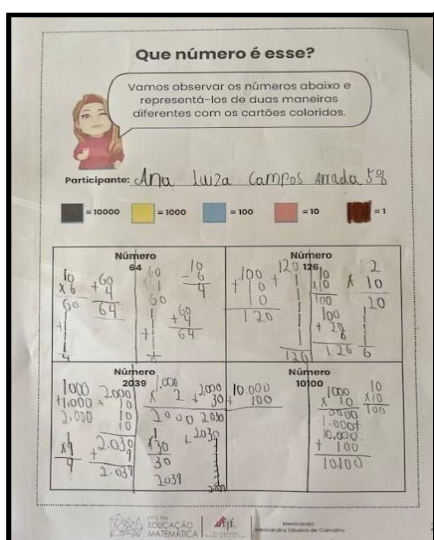
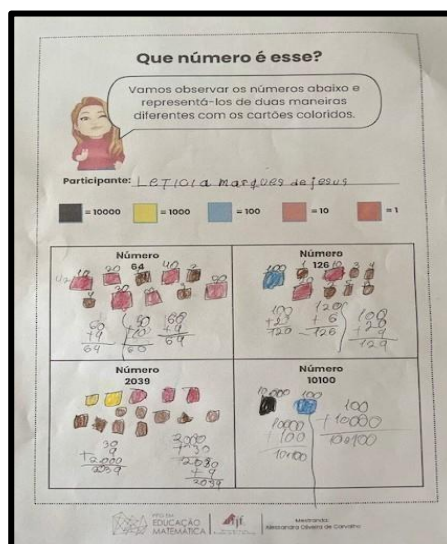


Figura 28 (b)



7.2.3 Resultados da Atividade “Desafio dos Números”

“Desafio dos Números” foi a terceira atividade da sequência sendo reaplicada no dia 25/11/2024 e desenvolvida por cerca de 60 minutos com um total de 27 crianças participantes.

As reflexões sobre as questões levantadas pela pesquisadora/professora no primeiro ciclo de aplicação a respeito das regras de composição de números e identificação das regras que rege o SND, bem como a habilidade de intervir e compartilhar informações matemáticas entre os colegas foram retomadas e a atuação das crianças, no decorrer do jogo, observadas e analisadas.

Após a análise dos jogos, apenas 7,4 % das crianças não atuaram durante as partidas com compreensão das características e dos princípios SND, não identificando os números compreendidos na 5ª ordem (dezena de milhar) e, conseqüentemente, não demonstrando, a partir da leitura dos números formados, compreender a lógica dos procedimentos que envolvem o SND. Os participantes apenas elaboraram uma estratégia para atuar no jogo. Estratégia esta que compreendia colocar na ordem das dezenas de milhar o maior algarismo sem, no entanto, continuar com essa estratégia nas demais ordens.

Podemos supor que o conhecimento lógico-matemático dessas crianças ainda está baseado em estratégias mecânicas de replicação de modelos, um conhecimento de ordem social e/ou física. Cerca de 92,6% apresentaram respostas que refletem a aquisição do conhecimento pensado nos objetivos, mas principalmente conseguem elaborar respostas orais. Tais manifestações evidenciam a presença de uma estrutura hierárquica e de conceito de inclusão de classes, conforme delineado por Jean Piaget, em sua obra *A lógica e o desenvolvimento do raciocínio da criança* (1995). A Figura 29 demonstra o registro da atividade.

Figura 29 - Registro da atividade “Desafio dos Números 2º ciclo”.



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024).

Em relação às habilidades do PCD, há indícios nas falas dos participantes de que as mesmas estão sendo desenvolvidas com maior clareza e sistematização visto que relatam os procedimentos que utilizaram para atuar durante o jogo e as intervenções que realizaram para auxiliar colegas. Tais percepções surgiram da análise dos diálogos gravados pela pesquisadora/professora, no decorrer do jogo, como registrado a seguir.

(Pesquisadora/professora): “Em algum número formado nessa jogada é preciso modificar alguma coisa para que o número fique maior?”

(Participante): “Não, todos os números são o maior que dá pra fazer.”

(Pesquisadora/professora): “Ryan, por que você colocou esse número maior aqui?”

(Participante): “Qual o 7? Ué!!! Porque dá mais vantagem!”

(Pesquisadora/professora): “Como assim? Não entendi! Tenta me explicar de forma matemática o que você pensou.”

(Participante): “Aqui é o 7, o maior número que eu tirei. Se eu deixo aqui na casa das dezenas de milhar, ele vira 7000. É melhor o 7 porque ele é o maior aqui de todos os algarismos que eu tenho e fica com maior valor aqui nessa casa. A dezena de milhar é a maior dessas casas decimais.”

Com a reaplicação dessa atividade, podemos concluir que a maioria das crianças já se apropria das regras e características do SND bem como consegue ler e identificar tais números.

Comparando os resultados do 1º ciclo de aplicação com o 2º ciclo, observamos avanços consideráveis em alguns alunos, principalmente uma das crianças que foi retida no ano escolar anterior e que apresentava muitas dificuldades. Com a aplicação das atividades, o participante demonstra avanços consideráveis no conteúdo matemático, na habilidade de descrever o raciocínio lógico utilizado e de expressar-se oralmente. Essa percepção foi registrada pelas seguintes falas:

(Pesquisadora/professora): “Jhon, quais algarismos você tem?”

(Participante): “Eu tenho 1, 2, 3, 5 e 8.”

(Pesquisadora/professora): “Você formou o menor número possível. E para formar o maior, o que você deve fazer?”

(Participante): “Trocar o 1 pelo 8 vai fazer ficar um número maior.”

(Pesquisadora/professora): “Você sabe me explicar por que, John?”

(Participante): “Porque assim com o 1 aqui eu tenho 10.000. Se eu tirar o 1 e colocar o 3 por exemplo fica 30.000.”

(Pesquisadora/professora): “John, sabe por que isso acontece quando você troca de lá pra cá? Por que o número fica maior?”

(Participante): “Porque aqui é a dezena de milhar! Vale mais! Aí eu leio 85321. Nas outras casas vou escolhendo os números desse jeito também. Sempre o maior pra valer mais!”

Pode-se observar, por meio do diálogo estabelecido, o quanto o participante se apropriou do contexto e da experiência vivenciada para construir a resolução do problema proposto. Esse momento foi registrado por meio de gravações em vídeo, além de estar representado na Figura 30, que ilustra a cena em questão.

Figura 30 - Registro do momento de resolução do participante.



Fonte: Elaborada pela pesquisadora.

7.2.4 Resultados da Atividade “Jogando os Números na Lousa”

A quarta atividade – “Jogando os Números na Lousa” – foi reaplicada em 02 de dezembro de 2024, com duração de 90 minutos e envolvimento de 34 crianças. Para além dos objetivos previamente delineados, a proposta possibilitou aos alunos a utilização de distintas estratégias de cálculo. Essa flexibilidade quanto aos caminhos de resolução está em consonância com os pressupostos de Delia Lerner (2002), ao afirmar que a aprendizagem significativa em matemática requer a inserção do estudante em contextos didáticos nos quais ele possa construir sentidos e compreender as razões dos procedimentos utilizados, em vez de apenas repeti-los de forma mecânica.

Durante o desenvolvimento da atividade, foi possível identificar uma multiplicidade de cálculos de adição, embora muitos estudantes ainda recorram às chamadas “continhas armadas” como forma de conferir validade aos seus resultados. Essas distintas estratégias adotadas pelos participantes, expressando seu envolvimento e suas tentativas de resolução foram registradas pela Figura 31: (a) adição por meio da estratégia de agrupamento de dezenas seguido da adição das unidades, em que aluno inicialmente realiza a composição dos valores posicionais referentes às dezenas, procedendo, em seguida, à adição dos algarismos correspondentes às unidades, o que favorece a compreensão do valor posicional e a estrutura do sistema decimal; e (b) resolução de multiplicação associada à aplicação da propriedade associativa da adição, em que se observa o uso articulado da operação de multiplicação com a propriedade associativa da adição, como pode ser observado a seguir.

Figura 31 - Registros feitos dos participantes na atividade Desafio dos Números.

Figura 31 (a)

Figura 31 (b)

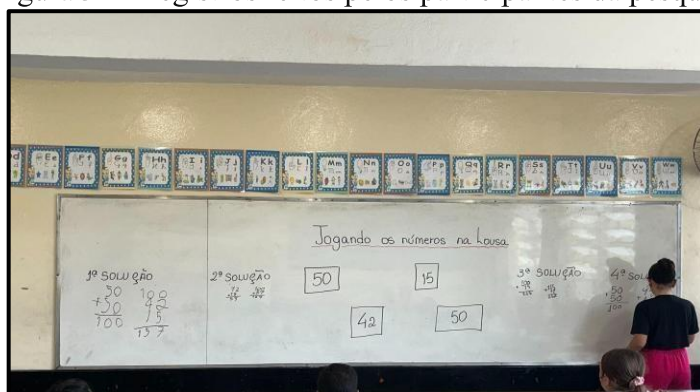
Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024).

Cerca de 8,8% dos participantes utilizaram o algoritmo tradicional para justificar os cálculos mentais que realizaram. Os demais, correspondentes a 91,2%, apresentaram dois procedimentos distintos como forma de explicação, o que, por meio dos registros, permite observar avanços tanto na realização dos cálculos mentais quanto no desenvolvimento do PCD. Ressalta-se que, neste ciclo, todos os participantes realizaram, ao menos, um registro que evidenciasse o raciocínio lógico-matemático.

Embora a precisão nos resultados não constitua o foco central deste estudo, os percentuais de acertos serão apresentados, uma vez que soluções corretas sinalizam a apropriação de conceitos matemáticos por parte dos estudantes.

No primeiro cálculo proposto, envolvendo números na ordem das dezenas simples, 94,1% das crianças obtiveram o resultado correto. Já na segunda atividade, que exigia cálculo mental com números variando entre as unidades simples e as dezenas de milhar, 64,7% chegaram à solução correta. Esses dados suscitam reflexões sobre o papel das escolas e de seus currículos no que se refere à promoção do raciocínio lógico-matemático e ao estímulo aos cálculos mentais, conforme orienta a BNCC. No decorrer desta atividade, além dos registros individuais, a pesquisadora/professora propôs à turma a transcrição dos registros no quadro e a explicação das estratégias utilizadas. A maioria das crianças participou, comparando suas respostas, questionando as estratégias apresentadas e compartilhando mecanismos de cálculo. Dessa forma, a pesquisadora/professora pôde constatar a diversidade de respostas que as crianças são capazes de produzir quando incentivadas a buscar soluções para um mesmo problema, conforme ilustrado na Figura 32, que apresenta diferentes registros elaborados pelos participantes.

Figura 32 - Registros feitos pelos participantes da pesquisa.



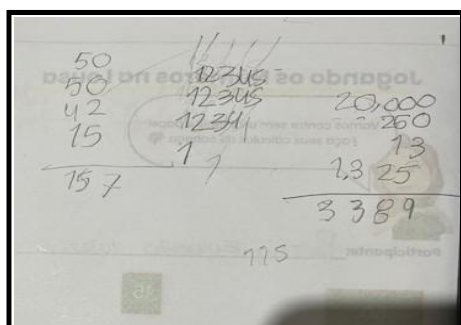
Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024).

No contexto dessa proposta, uma das crianças neurodiversas e oriunda da Colômbia apresentou uma forma de contagem distinta daquela comumente adotada em nossas salas de aula. Ao longo do ano letivo, a aluna buscou adaptar-se e assimilar os procedimentos de cálculo trabalhados, embora, na maioria das vezes, tenha demonstrado dificuldades significativas de compreensão. A implementação desta atividade, cujas características do PCD possibilitam a criação de condições favoráveis à apropriação dos princípios que estruturam o SND, proporcionou à aluna oportunidade de compartilhar seu próprio procedimento de cálculo. Esse momento contribuiu para a ampliação das argumentações tanto por parte da pesquisadora/professora quanto dos demais colegas.

Conforme ilustrado a seguir, a aluna realiza a contagem das dezenas utilizando diretamente os algarismos, em substituição ao uso de bolinhas, traços, materiais concretos ou mesmo dos dedos. Na sequência, ela efetua a adição das unidades simples. Também é possível observar, a partir de seu registro, que, ao abandonar o raciocínio lógico próprio e recorrer ao uso de um algoritmo convencional, os cálculos resultam incorretos, evidenciando dificuldades na compreensão do SND e do valor posicional. Na Figura 33 (a) observa-se a contagem e a resolução apresentada pela aluna, evidenciando estratégia própria de agrupamento decimal, e, na figura (b), registro da participação da criança.

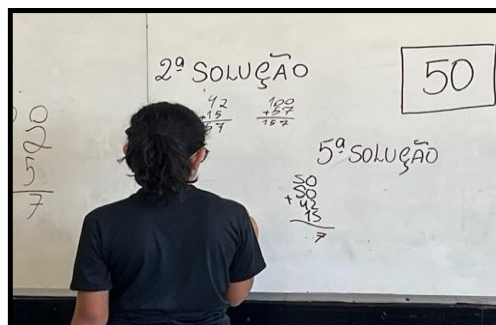
Figura 33 - Registro das representações feitas pela aluna.

Figura 33 (a)



Fonte: Elaborada pela pesquisadora.

Figura 33 (b)



Concluimos que é necessário possibilitar às crianças construir uma estratégia adequada para solucionar um problema sem recorrer unicamente a procedimentos convencionais.

A comparação entre os dois ciclos de aplicação evidencia avanços significativos no desempenho dos estudantes e no desenvolvimento do pensamento computacional desplugado. Enquanto no primeiro ciclo uma parcela ainda restrita dos participantes utilizava procedimentos tradicionais, no segundo ciclo as crianças apresentaram dois procedimentos distintos para justificar seus cálculos mentais, indicando maior flexibilidade na escolha de estratégias e consolidação do raciocínio lógico-matemático. em comparação com o primeiro ciclo, houve uma evolução não apenas na execução de cálculos mentais, mas também na habilidade de analisar, comunicar e refletir sobre diferentes estratégias, fortalecendo o desenvolvimento do PCD e a construção colaborativa do conhecimento.

7.2.5 Resultados da Atividade “Contando meu Dinheiro”

A atividade “Contando meu Dinheiro” foi reaplicada no dia 09/12/2024 e desenvolvida com 36 alunos por cerca de 90 minutos. Diante dos dados obtidos com a atividade final, os resultados foram analisados em dois grupos: um primeiro grupo com 69% dos participantes desenvolvendo suas estratégias e cálculos com os resultados corretos; um segundo grupo com 31% das crianças utilizando seus próprios procedimentos, sem, entretanto, chegarem a um resultado final adequado à solução para o problema.

As crianças pertencentes ao primeiro grupo, além de atingirem o resultado matemático previsto, expressaram sua compreensão por meio de exposições orais, nas quais explicitaram com clareza o raciocínio utilizado. Também realizaram anotações escritas de seus procedimentos, utilizando diferentes formas de algoritmos e, principalmente, as operações de soma e multiplicação; representações pictográficas foram igualmente utilizadas, mas com a função de auxiliar o pensamento, como pode ser observado nas Figuras 35 (a), (b) e (c), que demonstram os registros realizados.

Figura 34 - Registros individuais dos participantes da pesquisa.

Figura 34 (a)

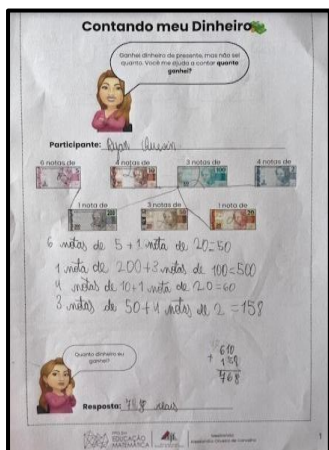


Figura 34 (b)

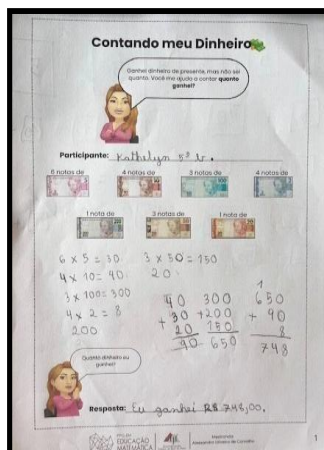
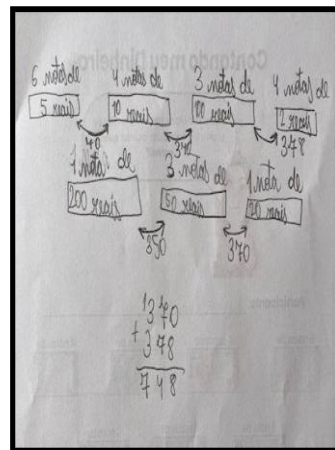


Figura 34 (c)

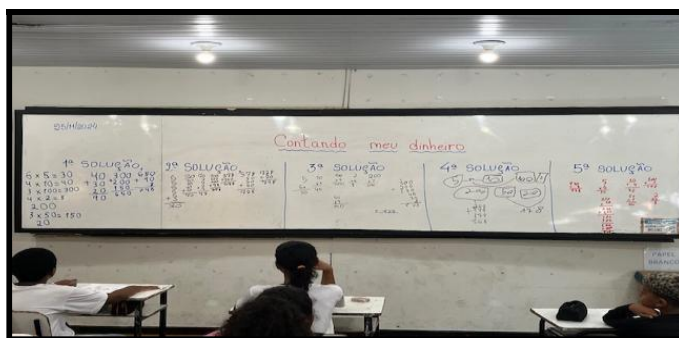


Fonte: Elaborada pela pesquisadora.

A troca dessas estratégias entre os colegas, por meio da linguagem oral e dos registros, desempenha papel essencial no desenvolvimento do raciocínio matemático, pois contribui para a construção conjunta do saber. De acordo com Kamii (1985), o intercâmbio de ideias entre os alunos possibilita o confronto de hipóteses, promovendo avanços em seus níveis de pensamento.

Nesse mesmo sentido, Lerner (2002) argumenta que o ato de compartilhar procedimentos e soluções no ambiente escolar amplia as oportunidades de aprendizagem, na medida em que os estudantes analisam diferentes maneiras de resolver um mesmo desafio, fortalecendo sua autonomia intelectual. As produções mencionadas podem ser observadas na Figura 35, que apresenta as soluções construídas e socializadas coletivamente durante a realização da atividade “Contando meu Dinheiro”.

Figura 35 - Registros feitos pelos participantes e compartilhados.



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024).

Os resultados e os mecanismos utilizados pelo grupo correspondente a 31% das crianças foram avaliados de forma mais criteriosa, com o objetivo de identificar os fatores que impossibilitaram a conclusão adequada do problema proposto.

Para fundamentar de maneira mais consistente as análises e reflexões referentes a esse grupo – cujas construções de raciocínio lógico-matemático não resultaram em uma resposta considerada correta do ponto de vista matemático –, optou-se por subdividi-lo em dois grupos: 75% das crianças apresentaram soluções coerentes do ponto de vista lógico; 25% das crianças não elaboraram estratégias adequadas para a resolução do problema.

Sobre o primeiro grupo: apesar de 75% terem apresentado soluções coerentes do ponto de vista lógico em virtude da ausência de algum dado ou da realização de cálculos incorretos, não obtiveram o resultado exato. Esse grupo demonstra que, mesmo sem alcançar a resposta correta, há indícios de desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático, pois as estratégias adotadas revelam compreensão parcial da estrutura do problema. A falta de precisão no resultado final está mais relacionada a lapsos procedimentais do que conceituais. As Figuras 36 (a) e (b) apresentam registros fotográficos que evidenciam essas análises.

Figura 36 - Representações feitas pelos alunos na atividade.

Figura 36 (a)

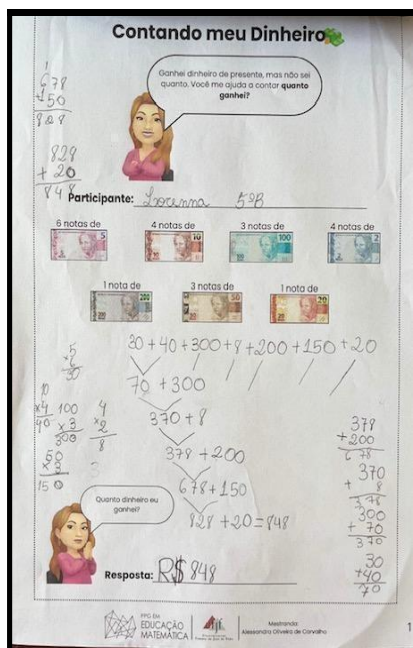
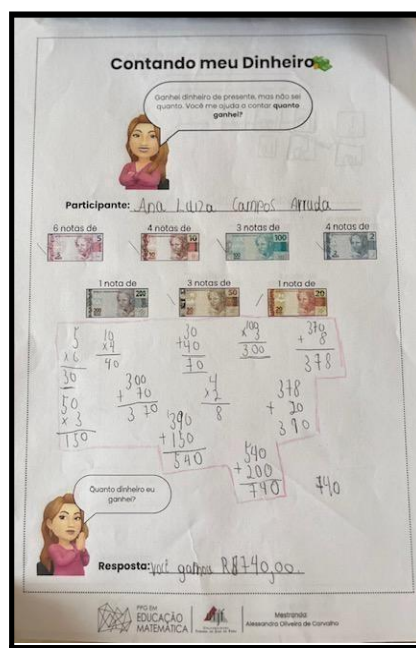


Figura 36 (b)



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024).

A avaliação do desempenho dos 75% dos alunos que, embora não tenham obtido a resposta matematicamente correta, apresentaram resoluções coerentes, permite evidenciar aspectos fundamentais do PCD em seus modos de agir diante do problema.

Esse grupo revelou, ainda que de maneira inicial, a aptidão para segmentar o desafio proposto em etapas menores, identificando componentes relevantes como quantidades envolvidas, operações pertinentes e sequências lógicas necessárias à resolução.

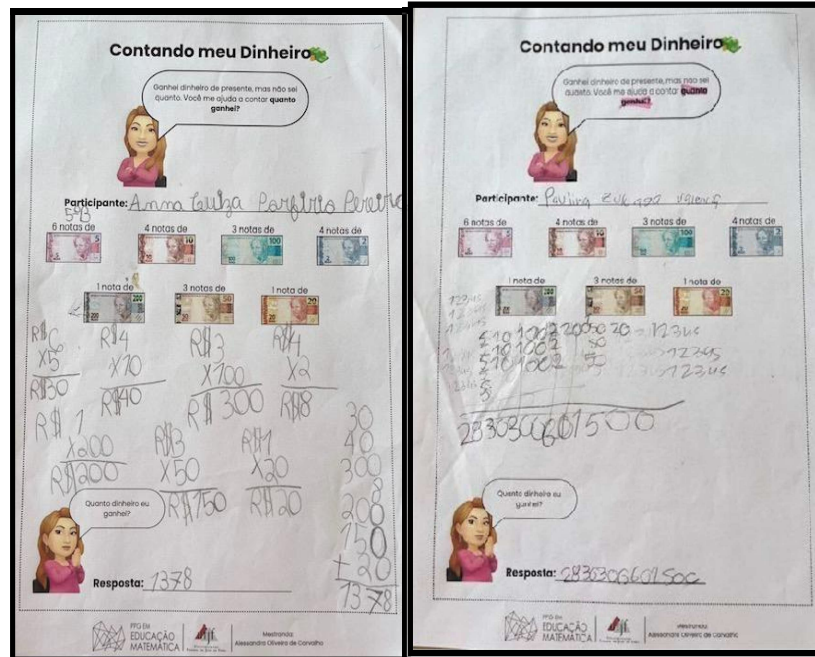
O segundo grupo – 25% dos alunos que não elaboraram estratégias adequadas para a resolução do problema – demonstrou, ainda, desconhecimento das regras e características do SND, embora tenham conseguido operar corretamente algoritmos convencionais (“continhas montadas”). Esses 25% ilustram dissociação entre habilidade de operar algoritmos e compreensão conceitual do sistema numérico.

Esse grupo evidencia raciocínio mais mecânico e pouco articulado com os fundamentos do SND, o que indica necessidade de atividades que promovam a compreensão estrutural do sistema, e não apenas a execução de procedimentos prontos. Essa constatação é evidenciada nos registros apresentados nas Figuras 37 (a) e (b).

Figura 37 - Representações feitas pelos alunos na atividade.

Figura 37 (a)

Figura 37 (b)



Fonte: Realizado durante a pesquisa (2024).

Para encerrar a atividade bem como o 2º ciclo de aplicação da DSR, propusemos que uma das resoluções apresentadas fosse analisada, refletida e debatida pela turma, que deveria sugerir novas estratégias e soluções. O objetivo dessa proposta foi verificar se, de forma coletiva, os participantes conseguiriam elaborar uma solução construída com os quatro pilares do PCD após todas as experiências vivenciadas, visto que observamos que, para cada atividade da sequência, apresentava-se um ou outro pilar nas soluções.

Para essa etapa, a pesquisadora/professora elaborou algumas questões como: Há uma única maneira de resolver o problema apresentado na atividade? Alguém elaborou uma solução parecida ou idêntica à que o colega fez? Todo mundo encontrou o mesmo resultado? Como podemos usar as ideias apresentadas para formar uma única solução?

Em comparação ao primeiro ciclo, nesta segunda aplicação, a maioria das crianças apresentaram soluções, contribuíram para um procedimento único, demonstraram, por meio de registros escritos e orais, seus procedimentos, buscando responder às questões colocadas pela pesquisadora/professora. Alguns participantes, porém, ainda renunciam às suas próprias soluções, realizando “cópias de resultados”. Ao final da atividade, os participantes tiveram dificuldades para elaborar de forma coletiva uma estratégia adequada e de compreensão para todos, o que fornece indícios de dificuldade para representar procedimentos efetivamente usados e de distanciar-se das contas convencionais.

Além disso, a reaplicação da sequência fornece evidências sobre a necessidade de se desenvolver, de forma sistemática e criativa, cada um dos quatro pilares, de forma a construir soluções, de forma consciente, bem como as habilidades do PCD.

Encerrando este capítulo, destaca-se que os resultados aqui apresentados possibilitam compreender de forma inicial o desempenho dos estudantes e os indícios de desenvolvimento do pensamento computacional desplugado a partir da aplicação das atividades.

No entanto, uma análise comparativa mais detalhada entre o primeiro e o segundo ciclo será realizada no próximo capítulo, no qual cada atividade será retomada individualmente, de modo a evidenciar avanços, permanências e desafios enfrentados pelos participantes.

Dessa forma, convida-se o leitor a acompanhar a continuidade da investigação, observando como a reaplicação das propostas contribuiu para o aprofundamento do processo de aprendizagem.

8. COMPARAÇÃO ENTRE OS CICLOS DE APLICAÇÃO DA *DSR*

Neste capítulo, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir da aplicação dos dois ciclos da pesquisa, cuja análise tem como objetivo principal comparar os efeitos e as contribuições de cada intervenção no processo de ensino e aprendizagem do Sistema de Numeração Decimal (SND) mediado pelo Pensamento Computacional Desplugado (PCD). Essa comparação não se limita a descrever avanços ou dificuldades observadas, mas busca evidenciar de que maneira as estratégias propostas se articularam com os fundamentos teóricos e metodológicos que sustentam este estudo, em especial a concepção de Pensamento Computacional de Wing (2006; 2011; 2017), os quatro pilares apontados por Brackmann (2017) e os conceitos piagetianos de construção do conhecimento lógico-matemático, abstração empírica e reflexiva e autonomia intelectual utilizados por Constance Kamii e Délia Lerner.

Ao retomar a questão norteadora – Como o Pensamento Computacional Desplugado pode potencializar o processo de ensino e aprendizagem do Sistema de Numeração Decimal nos anos iniciais do Ensino Fundamental? – busca-se verificar em que medida os ciclos de aplicação contribuíram para responder a essa indagação.

Nesse sentido, a análise comparativa se ancora também nos objetivos delineados para a pesquisa: introduzir o PCD de forma metodológica, produzir objetos de aprendizagem que mobilizem seus fundamentos, estimular avanços cognitivos em Matemática e refletir sobre os efeitos das atividades propostas.

Assim, a análise dos dois ciclos procura estabelecer uma relação direta entre teoria e prática, revelando como os materiais manipulativos e as atividades desplugadas, ao promoverem a decomposição, o reconhecimento de padrões, a abstração e a elaboração de algoritmos, possibilitaram que os alunos vivenciassem processos de aprendizagem alinhados à BNCC e às concepções de ensino que valorizam a construção ativa do conhecimento. A comparação entre os ciclos, portanto, não apenas evidencia os progressos alcançados, mas também aponta os desafios e as possibilidades de aprimoramento dessa abordagem, contribuindo para o fortalecimento do diálogo entre o Pensamento Computacional Desplugado e o ensino do Sistema de Numeração Decimal.

Além disso, estabelece-se uma conexão direta com a metodologia Design Science Research, uma vez que a confrontação dos ciclos fornece subsídios para avaliar, refletir e aperfeiçoar o produto educacional proposto, assegurando que as análises não se limitem à constatação de resultados, mas contribuam efetivamente para a construção e validação de soluções pedagógicas inovadoras.

Dessa forma, pretende-se oferecer uma apreciação mais precisa da eficácia metodológica adotada, além de refletir criticamente sobre a relevância do pensamento computacional desplugado como recurso para potencializar a aprendizagem matemática nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Com a intenção de verificar a contribuição do conjunto de atividades e da aplicação das habilidades que alicerçam o PC na melhoria de desempenho por parte das crianças participantes do experimento em relação à compreensão do sistema de numeração decimal, a presente proposta pedagógica foi desenvolvida com a mesma turma de estudantes, pertencente à mesma instituição de ensino, em dois ciclos distintos de aplicação.

As diferenças identificadas entre os ciclos, tanto nas intervenções pedagógicas quanto nos avanços na aprendizagem dos alunos, serão relatadas a seguir, com o intuito de evidenciar os efeitos da prática educativa sobre o desenvolvimento das habilidades matemáticas e do PC.

A comparação entre os dois ciclos de aplicação é essencial por possibilitar a identificação de progressos, dificuldades ou manutenção dos níveis de conhecimento dos estudantes, permitindo apreciação mais acurada da eficácia das metodologias empregadas. Ademais, a análise comparativa favorece reflexão crítica sobre a pertinência didática das atividades desenvolvidas e sobre o papel do PC como recurso facilitador da aprendizagem matemática nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Os objetivos desta pesquisa, alinhados à metodologia Design Science Research, orientam a análise dos resultados obtidos nos dois ciclos de aplicação das atividades, buscando compreender de que forma o pensamento computacional desplugado pode favorecer a aprendizagem do Sistema de Numeração Decimal. Nesse processo, as análises não se limitam às observações qualitativas, mas também se apoiam em informações sistematizadas por meio de gráficos, elaborados com a finalidade de conferir maior clareza aos dados e facilitar a compreensão das comparações entre os ciclos. Essa estratégia metodológica contribui para tornar os resultados mais visíveis e objetivos, permitindo identificar avanços, dificuldades e permanências de maneira organizada, além de fortalecer a relação entre a prática pedagógica, os fundamentos teóricos e a validação do produto educacional proposto.

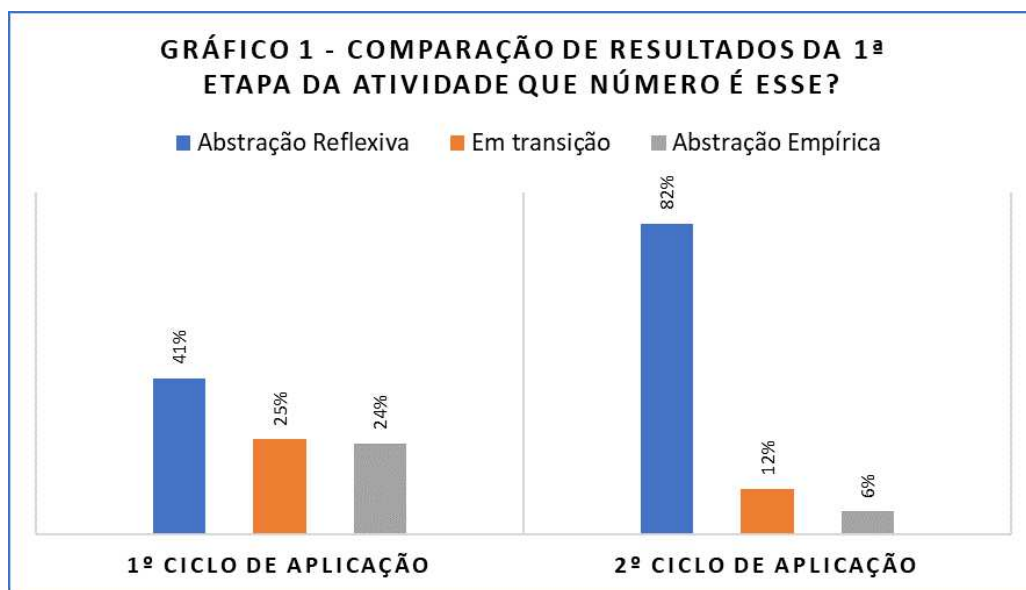
8.1 COMPARAÇÃO ENTRE OS CICLOS DE APLICAÇÃO DA ATIVIDADE “QUE NÚMERO É ESSE? 1ª ETAPA”

Tanto no 1º ciclo de aplicação quanto no 2º, a atividade “Que Número é Esse? 1ª Etapa” foi conduzida pelas habilidades contempladas pela BNCC e que compreendiam: “(EF04MA03) Resolver e elaborar problemas com números naturais envolvendo adição e subtração, utilizando estratégias diversas, como cálculo, cálculo mental e algoritmos, além de fazer estimativas do resultado” e “(EF05CO04) Criar e simular algoritmos representados em linguagem oral, escrita ou pictográfica, que incluam sequências, repetições e seleções condicionais para resolver problemas de forma independente e em colaboração”.

Levando-se em consideração os objetivos elencados para essa atividade e os construtos elaborados pelos autores e estudiosos que embasam a pesquisa, os resultados apurados demonstram que a diversidade de estratégias apresentadas foi um diferencial entre os ciclos de aplicação. No 1º ciclo de aplicação, a maioria dos participantes elegeram a conta convencional como forma de representação, tendo dificuldade, inclusive, de realizar a atividade conforme foi proposta. Já no 2º ciclo de aplicação, a variedade de representações e soluções empregadas além da agilidade com as quais foram apresentadas dá indícios de que boa parte dos participantes consolidou as habilidades e objetivos previstos.

Também constatamos que alguns participantes realizaram cálculos mentais registrando apenas o resultado final. Entretanto, quando solicitados a fazer registros e demonstrar as estratégias formuladas, alguns voltaram a usar a conta convencional para interpretar e calcular. Os avanços apurados e comparados entre um ciclo e outro foram compilados e registrados a partir de percentuais demonstrados no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Resultados comparativos dos ciclos da atividade “Que número é esse?”.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Com base nos dados apresentados no gráfico, é possível observar avanços significativos em todas as etapas de conhecimento. Observa-se, por exemplo, expressiva redução no número de participantes classificados no nível de Abstração Empírica, que passou de 24, % para 6%.

Esse dado pode indicar maior apropriação dos conhecimentos relacionados ao sistema de numeração decimal, bem como das habilidades promovidas pelo PCD. Os resultados compilados e comparados entre os ciclos sugerem que esses participantes foram favorecidos com a aplicação da sequência de atividades, pois superaram a dependência de experiências concretas. Esse avanço reflete a construção de significados mais profundos sobre conceitos fundamentais da matemática – como o SND – de forma mais lógica, reconhecendo padrões e utilizando estratégias mentais mais elaboradas.

Quanto ao nível em transição, embora a variação percentual observada tenha sido menos expressiva, os dados apontam indícios de progresso.

Verifica-se que parte dos estudantes, anteriormente classificados no nível de abstração empírica, avançou para esse nível intermediário, o que revela existência de um processo de desenvolvimento cognitivo em curso. Isso aponta que, do primeiro para o segundo ciclo de aplicação, o desenvolvimento das capacidades cognitivas mais complexas, como abstração e coordenação de variáveis, sustentou mais as soluções apresentadas pelos participantes que passaram a refletir sobre as relações matemáticas de forma cada vez mais lógica e sem necessidade de apoio do material manipulável. A mediação de que PCD favorece o opensamento concreto e o pensamento formal, no nível de Transição, evidencia que as atividades apresentadas possibilitaram ampliar estratégias próprias para resolver problemas matemáticos e conexões entre ações concretas e representações abstratas.

Averigou-se aumento na proporção de participantes que alcançaram o nível de abstração reflexiva. Diante disso, é possível considerar que, ao se oportunizar a elaboração de estratégias e a proposição de soluções que organizem o raciocínio lógico-matemático por meio do PCD, as crianças puderam apropriar-se de maneira mais efetiva dos conteúdos matemáticos trabalhados, visto que passaram a refletir sobre suas próprias ações e operações mentais.

Pode-se concluir, com base no gráfico, que em todos os níveis de conhecimento lógico-matemático descritos ocorreram modificações significativas. Os dados mostram que o número de crianças do nível de Abstração Empírica evoluiu, havendo aumento de participantes nesse nível, o que pode dar indícios de maior apropriação dos conhecimentos matemáticos e das possibilidades que as habilidades do PCD exercitam. Já os participantes do nível em Transição, o diferencial do percentual foi menor, entretanto ainda com resultados que demonstram avanços. Uma parcela dessas crianças que apresentavam inicialmente resultados no nível de Abstração Empírica avançaram para o nível em Transição.

A porcentagem do grupo de participantes no nível de Abstração Reflexiva ampliou, portanto pode-se considerar que, ao se permitir a elaboração de estratégias e novas propostas de forma a organizar o raciocínio lógico- matemático utilizando-se PCD, as crianças apropriaram-se melhor dos conteúdos matemáticos ensinados. Para compreender os resultados evidenciados nos gráficos, é necessário considerar um conjunto de fatores que possivelmente influenciaram os avanços observados

Do primeiro para o segundo ciclo de aplicação, as atividades passaram por um redesenho com o objetivo de alterar a estética e a organização visual do material no qual os registros escritos ou pictográficos dos participantes foram realizados, sem, contudo, aumentar a complexidade das tarefas. Não houve reestruturação das etapas nem mudanças na forma de aplicação.

Embora o material manipulável tenha permanecido inalterado, a pesquisadora/professora passou a permitir que sua utilização ficasse a critério de cada participante, o que não ocorreu no primeiro ciclo. Apenas as crianças neurodivergentes utilizaram os materiais manipulativos – cartinhas coloridas planejadas para essas atividades – em ambos os ciclos de aplicação, como apoio na organização do pensamento lógico-matemático para a construção e representação de números com mais de duas ordens decimais.

Com relação ao tempo de aplicação e execução, observou-se natural alteração, uma vez que os participantes resolveram as atividades com maior agilidade e de forma individual, demonstrando mais autonomia. Entre o primeiro e o segundo ciclo, o aspecto diferencial que oferece indícios de aprendizagem por parte dos participantes foi o ajuste na condução e na mediação durante a realização da proposta. A pesquisadora/professora sugeriu maior padronização dos registros à luz do PC, bem como incentivou os próprios alunos a serem mais criteriosos ao registrar e explicar oralmente as soluções apresentadas.

As autoras Constance Kamii e Delia Lerner que dão suporte a esta pesquisa, fundamentam seus estudos e experimentos no construtivismo de Jean Piaget, especialmente no que se refere à natureza do conhecimento lógico-matemático.

Ao assumir essa base teórica, a pesquisa destaca que a aprendizagem matemática envolve processos de abstração empírica e reflexiva, nos quais o sujeito, ao interagir com materiais manipuláveis e situações-problema, desenvolve estruturas cognitivas que possibilitam compreender, justificar e generalizar conceitos.

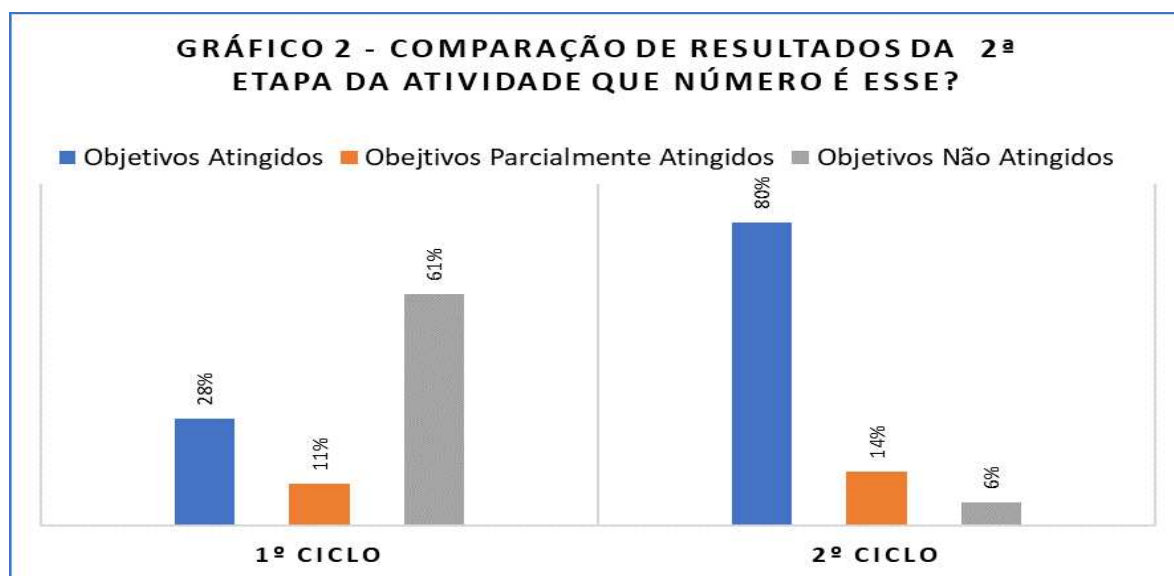
Essa compreensão dialoga diretamente com a presente pesquisa, uma vez que a proposta pedagógica desenvolvida apoia-se no uso de atividades desplugadas com materiais manipuláveis, favorecendo tanto a exploração concreta quanto a reflexão sobre as estratégias utilizadas.

Assim, ao alinhar-se ao construtivismo piagetiano, esta investigação reforça a importância do papel ativo do estudante na construção do raciocínio lógico-matemático, elemento central para o desenvolvimento das habilidades de pensamento computacional nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

8.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS CICLOS DE APLICAÇÃO DA ATIVIDADE “QUE NÚMERO É ESSE? 2ª ETAPA”

Na segunda etapa da atividade “Que número é Esse? 2ª Etapa”, os resultados apresentados estão baseados nos mesmos objetivos da atividade anterior e justificam os dados obtidos e registrados no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Comparação de resultados da 2ª etapa “Que Número é esse?”.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Como pode ser visto pelas informações do Gráfico 2, os participantes da pesquisa avançaram significativamente do primeiro para o segundo ciclo de aplicações. Os procedimentos elaborados pelas crianças ganham maior destaque demonstrando o conhecimento matemático adquirido, assim como a prática de desenvolver os pilares do PCD. Isso ocorreu tanto em relação aos Objetivos Atingidos quanto aos Objetivos Parcialmente Atingidos. Embora as crianças tenham conseguido elaborar mais de uma solução de acordo com a proposta da atividade, percebe-se certa dificuldade em elaborar estratégias que não estejam baseadas nos cálculos e nas contas convencionais, as quais estavam sempre presentes como solução. As ações também foram verbalizadas, o que propiciou ao grupo pesquisado conhecer e discutir técnicas computacionais.

As crianças que, no segundo ciclo de aplicações, ainda não conseguiram atingir os objetivos demonstram insegurança para elaborar estratégias e continuam com registros convencionais, além de ainda usarem o material manipulativo como suporte. Há evidências da necessidade de se retomarem conteúdos e desenvolverem habilidades anteriores ao 5º ano.

A atividade “Que Número é Esse? 2ª Etapa” também sofreu alterações do 1º ciclo para o 2º em relação a um redesenho; quanto ao tempo de execução das atividades, verificou-se uma mudança espontânea: os participantes passaram a resolver as tarefas com maior rapidez e individualmente. Contudo o elemento distintivo que aponta indícios de aprendizagem dos alunos foi a intervenção da pesquisadora/professora, que propôs ampliação das discussões frente às resoluções construídas por cada participante para que, à luz do PC, construíssem uma padronização de soluções, incluindo ou excluindo informações que tornassem replicáveis os registros.

Numa futura intervenção, a atividade pode propor números diferenciados para cada grupo de participante de forma a ampliar as possibilidades de soluções lógico-matemáticas.

Levando-se em consideração os objetivos elencados para essa atividade e os construtos teóricos que sustentam a pesquisa, observa-se que os avanços entre os ciclos de aplicação confirmam a relevância do Pensamento Computacional Desplugado como recurso pedagógico para favorecer a construção do conhecimento lógico-matemático. O referencial de Piaget, retomado por Kamii e Lerner, mostra que a aprendizagem matemática decorre de processos de abstração empírica e reflexiva, em que a criança, ao interagir com materiais e situações-problema, amplia sua capacidade de organizar, generalizar e justificar conceitos. Essa perspectiva se evidenciou nos resultados: a redução expressiva de estudantes no nível de Abstração Empírica e o aumento significativo no nível de Abstração Reflexiva indicam maior apropriação do Sistema de Numeração Decimal e das habilidades previstas nos objetivos.

Os dados comparativos revelam que, no segundo ciclo, os participantes apresentaram maior autonomia, variedade de registros e agilidade na resolução das atividades, sugerindo que a mediação proposta e os ajustes metodológicos contribuíram para potencializar a aprendizagem.

8.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS CICLOS DE APLICAÇÃO DA ATIVIDADE “DESAFIO DOS NÚMEROS”

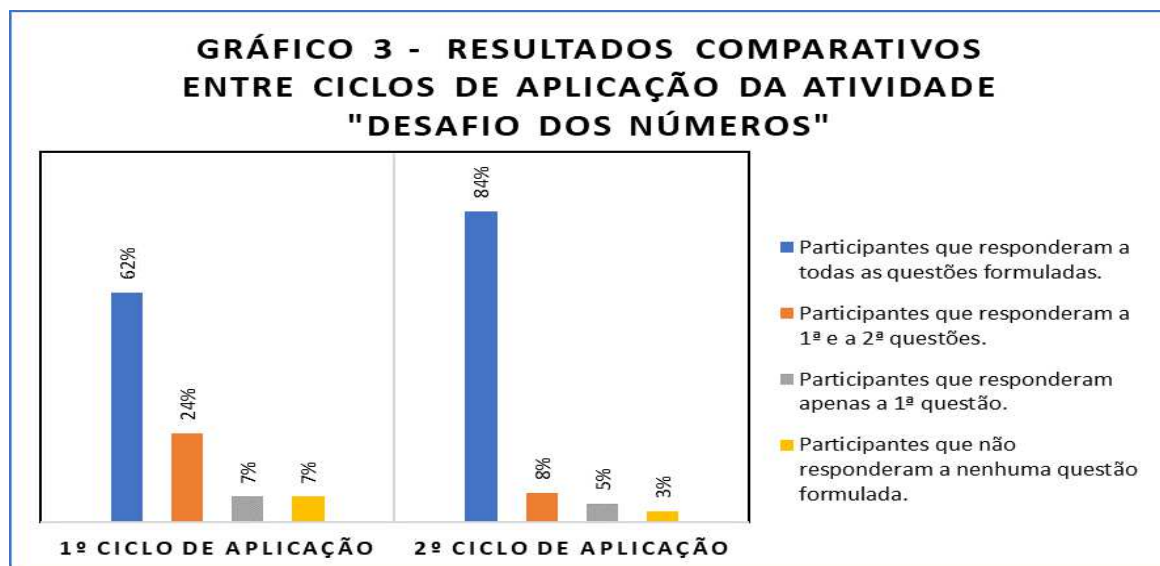
A atividade “Desafio dos Números”, baseada num jogo em grupo, foi uma situação ideal para troca de opiniões entre os participantes da pesquisa. Tanto no primeiro quanto no segundo ciclo de aplicações, foram motivados a trocar informações, conhecimentos e a ser capazes de comparar e avaliar as estratégias usadas por cada um.

De acordo com Kamii (1995), “corrigir e ser corrigido pelos colegas nos jogos em grupo é muito melhor do que aquilo que porventura possa ser aprendido através das páginas de cadernos de exercícios”.

O Gráfico 3, que analisa as soluções apresentadas pelos participantes da pesquisa, foi elaborado a partir de questionamentos realizados para cada um dos participantes durante o jogo:

- 1ª Qual o maior número formado? Como se lê esse número?
- 2ª Vocês mudariam o número formado por algum participante para que este formasse um número ainda maior? Como?
- 3ª Por que você organizou os números desta forma?

Gráfico 3 - Resultados Comparativos entre Ciclos de Aplicação da Atividade “Desafio dos Números”.



Ao analisar os gráficos, observam-se alterações nos dados obtidos nos diferentes ciclos de apresentação. Em relação à questão “Qual o maior número formado? Como se lê esse número?”, que corresponde à cor cinza no gráfico, houve diminuição de crianças que ainda apresentam dificuldade na habilidade de identificar os números formados e, consequentemente, de lê-los. Isso demonstra que conceitos de anos escolares anteriores relacionados às características do SND ainda não foram consolidados por esses participantes.

Do primeiro para o segundo ciclo, ocorreu queda de dois pontos percentuais, dando indícios de avanço. A primeira e a segunda questão foram avaliadas de forma conjunta para consolidar a análise no que se refere à identificação e ao valor posicional dos números.

Para atender à questão “Vocês mudariam o número formado por algum participante para que este formasse um número ainda maior? Como?”, os participantes analisaram a necessidade de se realizarem ou não interferências e como explicá-las de forma que os demais do grupo compreendessem. De um ciclo para o outro, o número de participantes que produziu conhecimento avançou em relação ao SND. O terceiro grupo apresenta os mais altos indicadores de aproveitamento, sinalizando que as crianças demonstraram realizar processos de identificação dos números, fizeram inferências, resolveram os problemas apresentados pelo jogo e estabeleceram variadas formas de comunicação.

As crianças, ao serem questionadas, souberam responder à maioria das perguntas e, principalmente, descrever oralmente e de forma escrita a lógica matemática que utilizaram para atender à questão “Por que você organizou os números desta forma?”. Isso possibilita confirmar a compreensão dos princípios e propriedades do sistema de numeração decimal. Percebe-se que um pequeno número de crianças ainda está no processo de ressignificação dos conhecimentos relacionados à matemática, necessitando revisitar conteúdos de anos anteriores.

Os pilares que fundamentam o PCD, conforme os construtos apresentados por Brackmann (2017), foram claramente identificados durante a realização da atividade. As crianças, ao selecionarem os algarismos necessários para compor o maior número possível, mobilizaram o processo de decomposição, fragmentando a tarefa em partes menores e mais manejáveis. O reconhecimento de padrões foi evidenciado pela utilização recorrente da mesma estratégia em diferentes rodadas do jogo, demonstrando capacidade de identificar regularidades e aplicá-las de forma eficiente. A abstração se fez presente no uso consciente do conceito de valor posicional como estratégia de resolução, indicando habilidade de focar nos elementos essenciais do problema. Por fim, ao registrarem detalhadamente todo o raciocínio desenvolvido, os alunos elaboraram algoritmos, organizando suas ações de maneira lógica e sequencial.

Apesar de não terem ocorrido reestruturações nas etapas da atividade nem alterações no material manipulável, e de a organização física da sala de aula ter sido mantida, o segundo ciclo contou com ajustes qualitativos na mediação docente, sobretudo no acompanhamento individualizado mais criterioso.

Na aplicação da atividade nos dois ciclos consecutivos com a mesma turma, observou-se significativa diferença na análise da pesquisadora/professora em relação à compreensão do comportamento dos estudantes diante da imitação de soluções apresentadas por seus pares ou as ditas “colas”. Fundamentando-se nos pressupostos de Piaget, reconhece-se que a imitação, sobretudo no início do processo cognitivo, permite à criança incorporar esquemas de ação que serão posteriormente reconstruídos de forma autônoma. Diante dessa observação, a prática de imitar a solução apresentada e aprimorá-la com suas próprias estratégias foi adotada no decorrer da aplicação do 2º ciclo.

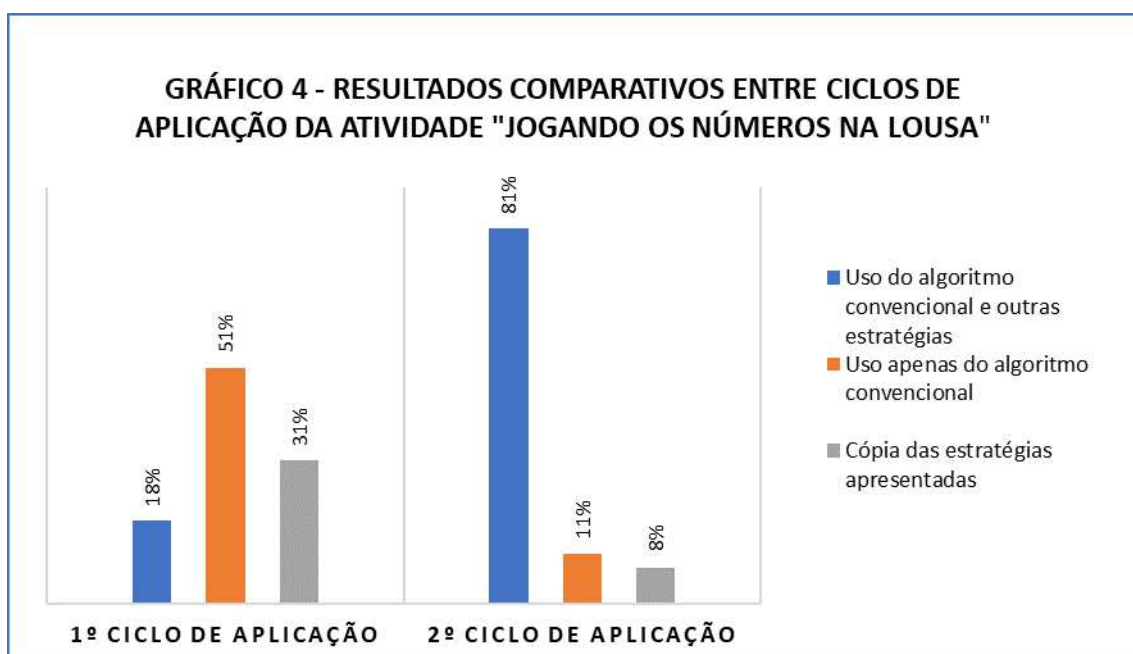
Essa mediação mais atenta possibilitou à pesquisadora/professora identificar, com maior clareza, quais alunos apenas reproduziam modelos observados e quais demonstravam compreender as estratégias aplicadas.

Dessa forma, foi possível promover intervenções mais adequadas a cada participante e mais situações durante o jogo para as crianças atuarem e reformularem, com o acompanhamento da pesquisadora/professora novas possibilidades, porque foram incluídas, no momento da intervenção, questões desenvolvidas nas atividades anteriores voltadas ao reconhecimento e à leitura de números, além do valor posicional.

8.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS CICLOS DE APLICAÇÃO DA ATIVIDADE “JOGANDO OS NÚMEROS NA LOUSA

O conjunto de dados obtidos no 1º e no 2º ciclo de aplicação da atividade “Jogando os Números na Lousa” pode fornecer evidências de que, nessa etapa do conjunto de atividades elaborado para a pesquisa, as crianças consigam compreender, de forma mais consciente, mecanismos inseridos no marco de um sistema posicional utilizando algoritmos. Os procedimentos que as crianças elaboraram, durante a atividade, para realizar cálculos mentais permitiram a intervenção da pesquisadora/professora e das crianças, a construção de argumentos e de contra-argumentos e delinearam maneiras orais e escritas do PCD. O Gráfico 4 demonstra os resultados obtidos e a comparação destes no 1º e no 2º ciclo.

Gráfico 4 - Resultados comparativos entre ciclos de aplicação da atividade “Jogando os Números na Lousa”.



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Na análise do Gráfico 4, observa-se que, apesar de ter diminuído o número de participantes que ainda não apresentam estratégias de forma autônoma, algumas crianças esperam pelo conhecimento de ordem social convencional e renunciam a possibilidade de construir o conhecimento lógico-matemático necessário para compreensão do SND e, conseqüentemente, dos cálculos mentais.

Já em relação ao grupo de participantes que usa apenas o algoritmo convencional, o gráfico descreve significativa redução entre os ciclos, o que pode indicar que menos crianças são dependentes de um arranjo espacial dos dígitos que impede, muitas vezes, o desenvolvimento do senso numérico. Entretanto as crianças que ainda usavam algoritmos convencionais na resolução dos cálculos assim o faziam porque esses mecanismos os capacitavam a produzirem respostas corretas, de acordo com o conhecimento social privilegiado pela escola.

O último conjunto de dados do gráfico demonstra progressos consideráveis em relação à representação do raciocínio lógico aplicado pelas crianças para resolver os cálculos mentais realizados. Os participantes colocaram em ação as diferentes estratégias que elaboraram, podendo-se observar uma diferença de 30 pontos percentuais entre os ciclos de aplicação, ou seja, aumento no número de crianças que, além da representação convencional, apresentaram estratégias, reflexões e soluções para a situação-problema proposta.

Por meio dessa atividade, as crianças foram incentivadas a explorar diferentes formas de registrar e resolver cálculos, exercitando decomposição de números, reconhecimento de padrões numéricos e abstração de procedimentos, antes mesmo da formalização dos algoritmos convencionais. Essa vivência favoreceu a compreensão do funcionamento do SND, possibilitando que os estudantes estabeleçam, de forma crítica e reflexiva, conexões significativas entre suas estratégias intuitivas e os algoritmos escolares.

Assim, os dados obtidos demonstram que a mediação pedagógica focada na valorização das produções próprias das crianças, aliada à repetição estruturada e à análise coletiva das estratégias, contribuiu para a evolução significativa dos participantes, reafirmando o papel do PCD como uma abordagem inclusiva e promissora para o ensino e a aprendizagem do SND nos anos iniciais do ensino fundamental.

Os ajustes realizados entre o primeiro e o segundo ciclo de aplicação para essa atividade voltaram-se ao maior acompanhamento da pesquisadora/professora em relação à participação das crianças com deficiências, visto que as mesmas necessitavam da inclusão de novos critérios de observação, os quais devem ser sensíveis às particularidades de cada estudante e alinhados aos objetivos pedagógicos da atividade.

Para isso não foi necessário adaptar os materiais manipulativos nem ajustar a atividade às especificidades de cada deficiência, pois os instrumentos utilizados garantiram acessibilidade de todas as crianças nas propostas pedagógicas e em suas formas de expressão.

Os resultados da atividade “Jogando os Números na Lousa” demonstram que o Pensamento Computacional Desplugado favoreceu avanços significativos no desenvolvimento do raciocínio lógico e da compreensão do Sistema de Numeração Decimal. Entre o primeiro e o segundo ciclo, observou-se maior autonomia dos alunos, redução da dependência de algoritmos convencionais e diversificação de estratégias próprias. A decomposição de números, o reconhecimento de padrões, a abstração de procedimentos e a elaboração de algoritmos permitiram que os participantes conectassem soluções intuitivas e formais, refletindo sobre suas ações de forma crítica e colaborativa. A utilização de materiais manipulativos acessíveis garantiu a participação de todos, incluindo crianças neurodiversas, evidenciando que o PCD é uma abordagem inclusiva, eficaz e capaz de promover aprendizagens matemáticas significativas nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

8.5 COMPARAÇÃO ENTRE OS CICLOS DE APLICAÇÃO DA ATIVIDADE “CONTANDO MEU DINHEIRO”

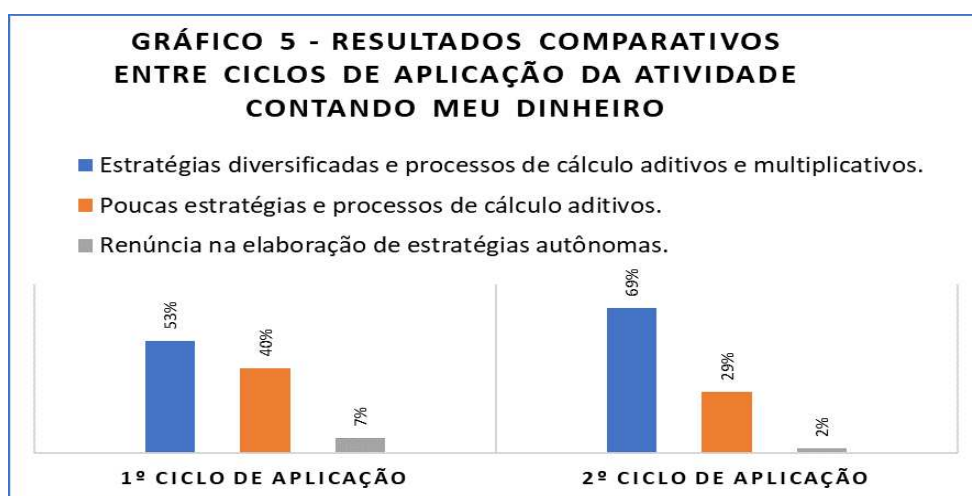
Para o segundo ciclo, baseando-se nas análises realizadas no ciclo anterior, alguns ajustes foram realizados em relação à observação e à mediação no momento da aplicação da atividade. As novas estratégias de aplicação, mediação e intervenção devem-se pela observação de que um grupo de crianças poderia estar desenvolvendo estratégias de operar a atividade sem compreensão do sistema monetário vigente no país, fato que pode ser explicado por serem imigrantes ou não terem o letramento matemático concluído em relação a esse conhecimento. De acordo com Kamii (1989), essas crianças se utilizam do pensamento aritmético empírico resolvendo problemas com base em ações concretas e rotinas memorizadas, sem compreender os princípios abstratos subjacentes, como o SND e a base 10.

Diante disso, reformulamos a aplicação da atividade apresentando o material manipulável, as cédulas de dinheiro de brinquedo, buscando a identificação e a compreensão de seus valores relativos (por exemplo, que 1 cédula de R\$10 equivale a duas de R\$5, ou a dez de R\$1).

Simulamos também a compra fictícia de materiais escolares para verificar conceitos de adição e subtração aplicados ao sistema monetário. Em seguida, a atividade desenvolveu-se conforme o primeiro ciclo, sem adaptações do material manipulativo, na estrutura da atividade e na complexidade da tarefa. Em relação à forma de aplicação, a única modificação está no tempo de duração da atividade, o qual a pesquisadora/professora ampliou para que as estratégias e soluções individuais fossem debatidas e argumentadas, sendo apresentadas novas possibilidades.

Com base nos dados apurados da atividade “Contando meu Dinheiro”, observou-se que, após a aplicação de estratégias fundamentadas no PCD e na exploração do SND, as crianças demonstraram avanços significativos em sua compreensão e seu desempenho matemático. Embora muitos participantes tenham, inicialmente, recorrido a procedimentos convencionais de cálculo, foi notável o desenvolvimento de estratégias de contagem não convencionais, evidenciando maior autonomia e flexibilidade no raciocínio. Além disso, as crianças passaram a expressar com mais clareza, tanto oralmente quanto por meio de registros escritos, as lógicas utilizadas na resolução das tarefas, o que aponta para uma compreensão mais profunda dos conceitos envolvidos. Tais avanços sugerem que a integração do PCD à abordagem didática do SND contribuiu tanto para a construção de conhecimentos conceituais quanto para o aprimoramento da comunicação matemática e do pensamento algorítmico. Esses progressos estão representados no Gráfico 5, que evidencia a evolução do desempenho das crianças ao longo do processo investigativo.

Gráfico 5 - Resultados Comparativos entre Ciclos de Aplicação da Atividade Contando meu Dinheiro.



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Percebemos diminuição no número de crianças que renunciam a construção de suas hipóteses, experimentações e análises da proposta elaborada pelo conjunto de atividades. Os

participantes que ainda não apresentam soluções autônomas têm dificuldade para combinar seus conhecimentos com a elaboração de registro escrito ou oral para o problema. Isso ocorre devido ao processo de leitura e escrita que algumas crianças necessitam aprimorar. Além disso, apesar de estarem expostas ao sistema numérico, não significa que compreenderam o significado do SND.

Observando a evolução dos participantes do primeiro para o segundo ciclo, podemos considerar que, em termos gerais, as crianças não apresentaram dificuldade para realizar adições, no entanto nem todas utilizam de processos multiplicativos para resolução do problema. Todos os participantes consideram necessário apresentar um algoritmo convencional para dar a solução do problema e, a partir daí, emitir opinião. Esse grupo foi registrado no gráfico com poucas estratégias e processos de cálculo aditivos.

Os algoritmos ensinados às crianças ao longo do processo educativo persistem juntamente com o conhecimento a respeito de estratégias e procedimentos diferenciados realizados ao longo das atividades. Os resultados mostram que boa parte dos participantes da pesquisa conseguem formular soluções para uma situação problema se esta estiver contextualizada e próxima de suas vivências. Isso ocorre porque, para atividades cotidianas, as crianças têm elaboradas estruturas lógicas consolidadas.

Os participantes que demonstraram estratégias diversificadas e processos aditivos e multiplicativos também usam as “continhas” como forma de demonstrar o conhecimento lógico-matemático. As possibilidades aditivas em alguns casos vêm sendo substituídas por processos multiplicativos. Nessa ocasião podemos verificar avanços na organização da lógica caracterizando o PC.

As análises proporcionaram compreender que as crianças trazem um conhecimento adquirido de fora da escola, e este é confrontado com o conhecimento escolar privilegiado socialmente. Sendo o conhecimento desenvolvido pela escola cristalizado por um ensino convencional, os participantes da pesquisa tiveram dificuldades para elaborar soluções e fazer escrita de suas lógicas. Dessa forma, em todas as atividades aplicadas, um grupo de crianças ainda demonstra replicar o conhecimento convencional, buscando apenas algoritmos que as capacitem produzir respostas certas, mas, muitas vezes, sem compreensão, no caso da pesquisa, sem entender o SND e cálculos mentais. Além disso, parte das crianças que apenas replicam processos e estratégias também apresentam dificuldade no letramento matemático e no processo de leitura e escrita dificultando ainda mais a participação.

8.5 ANÁLISE DAS COMPARAÇÕES DOS CICLOS DA DSR

Com base nos elementos analisados, é possível concluir que a pesquisa apresentou coerência entre sua questão norteadora, os objetivos estabelecidos e os resultados obtidos com o apoio duma metodologia aplicada.

A investigação, orientada pela questão central sobre como o desenvolvimento de estratégias cognitivas relacionadas ao raciocínio lógico-matemático com o suporte da abordagem do Pensamento Computacional Desplugado aplicado poderia potencializar a aprendizagem do SND em atividades de desafio e reflexão, foi operacionalizada pelo objetivo geral, que direcionou a análise do impacto das intervenções pedagógicas e a evolução das capacidades das crianças.

Os resultados evidenciam que as ações propostas favoreceram o crescimento cognitivo-matemático dos participantes, demonstrando que intervenções fundamentadas na metodologia DSR contribuíram efetivamente para o avanço das estratégias e das aprendizagens matemáticas. Dessa forma, observa-se uma relação direta entre questionamento, objetivos e resultados, confirmando que as metas da pesquisa foram alcançadas e que a proposta metodológica adotada se mostrou adequada para responder às questões iniciais.

Em relação as atividades propostas observa-se que a decomposição de números, o reconhecimento de padrões, a abstração de procedimentos e a elaboração de soluções próprias, exploradas em atividades como “Que Número é Esse?” propiciaram avanços significativos no desenvolvimento das habilidades matemáticas e do raciocínio lógico-matemático dos estudantes ao longo do tempo. Observou-se uma maior diversidade e complexidade nas estratégias de resolução, com transição do uso de algoritmos tradicionais para procedimentos mais reflexivos e próprios, especialmente na resolução de problemas envolvendo o sistema decimal e contagem. Houve também melhoria na compreensão do valor posicional dos números, notadamente entre os alunos que apresentavam maiores dificuldades.

O desenvolvimento do raciocínio lógico e do senso numérico ficou evidente no aumento da capacidade dos estudantes de refletir sobre os procedimentos, construir argumentos e discutir estratégias, resultando em respostas mais elaboradas. As atividades específicas, como “Desafio dos Números”, contribuíram para consolidar conceitos de composição, decomposição e valor posicional, favorecendo a internalização de conceitos matemáticos e o avanço cognitivo. A atividades “Jogando os Números na Lousa”, permitiu que as crianças conectassem estratégias intuitivas e formais, refletindo criticamente sobre suas ações.

Na atividade “Contando meu Dinheiro” apresentaram-se registros que mostram estratégias variadas indicando o desenvolvimento do pensamento reflexivo, onde as crianças não apenas aplicam procedimentos diversificados, mas também pensam criticamente sobre as operações necessárias para resolver a questão, como a soma e a multiplicação de valores diferentes ampliando as estratégias e assimilando os conceitos matemáticos.

Além disso, a intervenção pedagógica promoveu maior participação, discussão e argumentação, indicando envolvimento efetivo com o conteúdo, sobretudo por parte das crianças inicialmente mais fragilizadas. Esses resultados reforçam a importância de uma abordagem pedagógica baseada em experimentação, discussão coletiva e reflexão contínua, evidenciando progressos consistentes na compreensão e na elaboração de estratégias matemáticas pelos estudantes ao longo dos ciclos de aprendizagem. Os dados demonstram que a mediação pedagógica, combinada à utilização de materiais manipulativos acessíveis, favoreceu tanto a aprendizagem colaborativa quanto a individual, promovendo progressos nos níveis de Abstração Empírica, Transição e Reflexiva.

Os resultados apresentados podem ser diretamente relacionados ao referencial teórico, especialmente às contribuições de Piaget, Kamii e Lerner, que fundamentam a compreensão do desenvolvimento cognitivo e das estratégias de raciocínio matemático na infância. De acordo com Piaget, os avanços observados nas estratégias dos estudantes, que passaram da reprodução mecânica para procedimentos mais reflexivos e autônomos, refletem a evolução do pensamento infantil proposta pelo autor. A maior proximidade com operações internas, evidenciada pela melhora no entendimento do valor posicional, na decomposição de números e no reconhecimento de padrões, demonstra a formalização do pensamento lógico e a ampliação da autonomia cognitiva, alinhando-se aos conceitos de operações mentais internas discutidos por Piaget.

As contribuições de Kamii reforçam a importância da troca de ideias no desenvolvimento do raciocínio matemático. Os registros de socialização, discussão e confronto de estratégias durante as atividades evidenciam que o intercâmbio de hipóteses entre os estudantes favorece a construção conjunta do conhecimento, promovendo maior autonomia intelectual. A socialização do saber, por meio de discussões e registros coletivos, permite que os alunos aprendam uns com os outros e ampliem suas capacidades de reflexão sobre procedimentos matemáticos.

Lerner, por sua vez, destaca que compartilhar procedimentos e estratégias no ambiente escolar amplia as oportunidades de aprendizagem. Os resultados demonstram que a discussão de diferentes formas de resolver problemas estimulou o desenvolvimento de estratégias próprias e promoveu a autonomia dos estudantes, evidenciando que a reflexão conjunta contribui para internalizar conceitos de maneira significativa.

Adicionalmente, a integração das habilidades centrais do Pensamento Computacional de na resolução dos desafios evidencia como os pilares do PC contribuem para o desenvolvimento de competências matemáticas. A capacidade de desmembrar problemas, identificar regularidades e generalizar estruturas numéricas, observada nos avanços do grupo entre os ciclos, confirma a relevância desses conceitos no planejamento de atividades desplugadas que potencializam o raciocínio lógico e a autonomia.

Essas conexões demonstram que os resultados reforçam as hipóteses do referencial teórico sobre o desenvolvimento cognitivo e matemático da criança, evidenciando a importância de propor atividades que favoreçam a ampliação de estratégias, a reflexão crítica e a socialização do conhecimento por meio de experiências significativas.

Assim, o conjunto de atividades estruturadas mostrou-se eficaz na consolidação de conceitos matemáticos e na construção de habilidades cognitivas, evidenciando diferenças claras entre os ciclos e indicando o potencial dessa abordagem para fortalecer a aprendizagem nos anos iniciais do Ensino Fundamental. No capítulo seguinte, será apresentada a conclusão, oferecendo um resumo integrador de todo o percurso da pesquisa, destacando suas contribuições, limitações e desdobramentos.

9 CONCLUSÕES

Este capítulo apresenta as conclusões acerca da pesquisa desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Educação Matemática, da Universidade Federal de Juiz de Fora, constituindo-se na Dissertação de Mestrado. O estudo realizado buscou responder à seguinte questão de pesquisa: Como o Pensamento Computacional Desplugado pode potencializar o processo de ensino aprendizagem do Sistema de Numeração Decimal nos anos iniciais do Ensino Fundamental? Como forma de viabilizar a aplicação do PCD, foi elaborado um conjunto de atividades desplugadas para atender a objetivos – geral e específicos – de forma a auxiliar o ensino e a aprendizagem do SND em uma escola da rede pública na qual há pouca infraestrutura computacional disponível. Para atender aos objetivos propostos na pesquisa, foram realizadas algumas etapas.

Com o intuito de esclarecer a autora em relação aos trabalhos publicados e aos resultados obtidos em relação ao ensino do SND nos anos iniciais do Ensino Fundamental associado ao PCD como abordagem metodológica, foi realizado um levantamento bibliográfico a partir de uma RSL.

Esse levantamento ocorreu entre o período de 20/04/2024 a 29/07/2024, e o estado da arte demonstram ausência de trabalhos relacionados ao tema desta pesquisa. As intervenções pedagógicas com PCD têm sido realizadas como abordagem metodológica experimental ou para ensino de computação, mas ainda não estão inseridas nos currículos das redes de ensino para auxiliar todas as áreas de conhecimento.

O referencial gerado pela RSL serve de embasamento teórico para esta pesquisa, visto que os autores Wing (2006) e Brackmann (2017), além da BNCC (Brasil, 2018), são fontes de referência deste estudo. Cabe ressaltar que a RSL apresentada nesta pesquisa foi impactada por estudos realizados anteriormente. Isso ocorreu porque a investigação teve como sua região de inquérito primária as dificuldades apresentadas pelos alunos do 5º ano do Ensino Fundamental I em realizarem operações de adição e subtração, e, no decorrer da pesquisa, observou-se a necessidade de averiguar o conhecimento sobre o SND dos participantes do estudo, provocando, assim, ajustes na DSR. Num segundo momento, um conjunto de atividades desplugadas foi elaborado e aplicado em turmas do 5º Ano do Ensino Fundamental I para investigar a viabilidade de desenvolver as habilidades do PCD como uma abordagem facilitadora da aprendizagem do SND apoiada no uso de jogos, materiais manipuláveis e estímulo ao cálculo mental. Os resultados da investigação realizada apontam que houve diferença na forma de operacionalizar cálculos bem como de argumentar estratégias utilizadas para a resolução de problemas.

As crianças participantes da pesquisa desenvolveram práticas de cálculo que se distanciam da memorização de mecanismos e começam a entender os princípios e as propriedades do SND. Verificou-se que pequena parte das crianças que participaram da investigação, cerca de 7%, abdicaram de elaborar possibilidades e estratégias de cálculo, em alguns casos por não terem consolidado o SND, em outros por acreditarem que o conhecimento matemático só é adquirido se usarem procedimentos convencionais ensinados na escola.

Pode-se constatar que o ensino do SND, que, até então, as crianças haviam operado, é centrado nos algoritmos, não possibilitando avanços significativos quanto à efetiva construção desse sistema. As atividades desplugadas e apoiadas em jogos e materiais manipulativos deram oportunidade de se usarem formas de representação diversificada, de se compararem as utilizadas por todos e de se discutirem as argumentações orais e/ou escritas apresentadas para, dessa forma, aplicar o PCD.

A maior dificuldade encontrada para o desenvolvimento do PCD é o fato de a escola oportunizar poucas condições que permitam às crianças elaborar, organizar e argumentar suas ideias, sua lógica no processo de apropriação do conhecimento. Pelo contrário, as práticas educativas de memorização são mais validadas e aceitas pelos educandos. Dessa forma, a pesquisadora, em alguns momentos da investigação, teve dificuldade para identificar onde e como os pilares do PCD estavam sendo empregados pelas crianças.

O conjunto de atividades elaborado durante a pesquisa mostrou-se eficaz em relação à diversidade presente na sala de aula, promovendo aprendizagem significativa por meio de experiências concretas, lúdicas e interativas.

A forma organizada e flexível do PCD ajudou os alunos a aprenderem Matemática, inclusive aqueles que tinham mais dificuldades ao longo da vida escolar. Constatou-se, em especial, que as crianças neurodivergentes foram impactadas pelo PCD devido ao fato dessa abordagem permitir a elaboração e a organização do raciocínio lógico de forma não convencional, respeitando os diferentes tempos e modos de aprender.

A aplicação do conjunto de atividades revelou que, embora seja comum a necessidade de adaptações pedagógicas para atender às especificidades das crianças com deficiência, nesse caso, tais modificações não se mostraram necessárias. As propostas, fundamentadas no PCD, foram suficientemente acessíveis e inclusivas, possibilitando que todos os alunos, inclusive aqueles com deficiência, alcançassem os objetivos de aprendizagem propostos.

Essa característica reforça o potencial da abordagem em promover equidade no processo educativo, ao permitir diferentes formas de participação e expressão do raciocínio lógico. Destaca-se, ainda, o envolvimento mais ativo das professoras de apoio, as quais, diante da clareza e da flexibilidade das atividades, puderam atuar de maneira mais colaborativa e integrada ao planejamento e à execução das ações em sala de aula.

O produto educacional ocupa papel central nesta pesquisa, pois não se configura apenas como um recurso didático, mas como o eixo articulador de toda a investigação. Sua elaboração, fundamentada na metodologia Design Science Research, permitiu unir teoria e prática em um processo cíclico de planejamento, aplicação, análise e aprimoramento das atividades propostas. Foi por meio dele que se materializaram os objetivos da pesquisa, oferecendo aos alunos oportunidades de desenvolver o raciocínio lógico-matemático e compreender o Sistema de Numeração Decimal em situações significativas e contextualizadas. Além disso, o produto educacional funcionou como mediador das intervenções pedagógicas, possibilitando observar, registrar e analisar os avanços cognitivos e a construção de estratégias próprias pelos estudantes.

Dessa forma, ele se consolidou não apenas como resultado final, mas como elemento estruturante que orientou e deu sentido ao percurso investigativo.

O produto educacional desenvolvido nesta pesquisa consiste em um conjunto estruturado de atividades voltadas ao desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático e à compreensão do sistema de numeração decimal, elaboradas de forma sistemática e revisadas segundo a metodologia de Design Science Research. Entre as tarefas planejadas, destacam-se “Que Número é Esse” em duas etapas, “Desafio dos Números”, “Jogando os Números da Lousa” e “Contando meu Dinheiro” que propõem estratégias diversificadas de resolução, combinando registros escritos e representações pictográficas.

Mais do que a simples transmissão de conteúdos, tais atividades foram concebidas para estimular a participação ativa dos estudantes, respeitando seus diferentes ritmos de aprendizagem e favorecendo a colaboração entre pares, de modo a aproximar a matemática das experiências cotidianas e significativas das crianças e, assim, estimulou-se práticas pedagógicas inovadoras que conectaram o aprender à vivência, potencializando o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático e promovendo aprendizagens contextualizadas.

O produto educacional fomentou a autonomia das crianças na construção do conhecimento, estimulando a elaboração de estratégias próprias, a verbalização do raciocínio e a visualização de múltiplas formas de resolver problemas matemático, promovendo uma aprendizagem ativa, reflexiva e significativa. Além da elaboração do conjunto de atividades baseada no PCD que podem ser acessadas pelo link https://drive.google.com/drive/folders/1GWhW0wx2iiNiTzeTZVCGWVBw1BXE0S2X?usp=s_haring, a pesquisa resultou na produção de um vídeo explicativo com informações sobre o conceito de PC e os quatro pilares que alicerçam essa abordagem além das habilidades descritas na BNCC a ele associadas acessível por meio do link <https://youtu.be/ZE2VkRm3bys>. e um podcast acessível pelo link https://drive.google.com/file/d/19thAfQAfNtg-Y_8Fb5ZJkKKbtPmVoSB6P/view com o objetivo de apoiar o trabalho de professores, coordenadores pedagógicos e demais profissionais da educação, oferecendo introdução clara e didática ao tema.

A utilização de materiais manipuláveis de fácil acesso e de simples elaboração ofereceu subsídios para estimular práticas educativas inclusivas, provocadoras da autonomia do estudante, possíveis de realização desde que sejam pensadas e organizadas de forma a favorecer a aplicação dos pilares do PCD.

A aplicação da metodologia *Design Science Research (DSR)* em dois ciclos investigativos permitiu não apenas observar a evolução progressiva dos participantes em relação à compreensão do SND, mas também identificar pontos de aprimoramento no conjunto de atividades elaborado.

A comparação entre o 1º e o 2º ciclo de aplicação do conjunto de atividades demonstrou avanços significativos, no envolvimento dos participantes e na realização das estratégias pedagógicas.

Com as observações realizadas no 1º ciclo, ajustes importantes foram realizados para a aplicação do 2º ciclo, como a reorganização do tempo das atividades, a simplificação de instruções e mais momentos de compartilhamento de ideais. Essas alterações refletiram na dinâmica geral da sala de aula.

Diante disso, a participação dos estudantes no 2º ciclo mostrou-se mais ativa e engajada, com maior autonomia e compreensão na execução das tarefas. Execuções estas que demonstraram maior organização do raciocínio lógico matemático e indícios de maior intencionalidade na integração dos pilares do PCD – decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e elaboração de algoritmos –, no compartilhamento escrito e oral das soluções apresentadas pelas crianças.

Outro aspecto que se destacou foi o aprimoramento dos registros e produções dos estudantes demonstrando aprendizagens mais consolidadas, com maior domínio sobre o valor posicional e a estrutura do SND.

Os dados coletados evidenciam que, embora todos os estudantes tenham apresentado avanços, torna-se necessário reestruturar algumas atividades, de modo a assegurar a plena inclusão e participação de todas as crianças, especialmente as neurodivergentes, garantindo que consigam atribuir sentido à aprendizagem e comunicar seu pensamento de maneira autêntica e significativa.

A metodologia adotada favoreceu o desenvolvimento de competências cognitivas essenciais, como levantamento de hipóteses, experimentação, análise de resultados, compartilhamento de estratégias e valorização de diversificadas formas de resolver problemas. Tais processos alinham-se às contribuições teóricas de Piaget e Kamii, ao destacarem a importância da construção ativa do conhecimento por meio da ação, do erro e da reorganização mental.

Além disso, ao considerar a proposta de Délia Lerner, que defende a centralidade do aluno como sujeito que aprende por meio de práticas significativas e discursivas, observa-se que as oportunidades de explicitar oral e graficamente os raciocínios utilizados durante as tarefas contribuíram para o fortalecimento do letramento matemático e da autonomia intelectual dos estudantes.

O uso do PCD, conforme discutido por Wing e Brackmann, possibilitou que as crianças – com ou sem deficiência – se envolvessem com problemas complexos por meio de estratégias acessíveis, favorecendo o desenvolvimento do raciocínio lógico, da decomposição, da identificação de padrões e da comunicação algorítmica de ideias. Desse modo, a abordagem investigativa pautada na DSR demonstrou ser eficaz tanto para promover avanços significativos no aprendizado matemático quanto para apoiar uma prática pedagógica mais inclusiva, reflexiva e fundamentada nas reais necessidades dos alunos.

Analizando os resultados obtidos com a aplicação do conjunto de atividades, sugere-se, como trabalhos futuros, a ampliação de investigações que explorem o impacto dessa abordagem no desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático, sobre como os professores dos anos iniciais compreendem e aplicam o pensamento computacional desplugado e as possibilidades de inclusão de estudantes neurodivergentes com atividade ancorados com o PCD, elaborando, assim, novos conjuntos de atividades, roteiros didáticos e outros materiais complementares para formação continuada de professores.

Finalizando, reforça-se a ideia de que a memorização inexpressiva dos procedimentos não deve ser priorizada no ensino em detrimento da compreensão dos princípios e propriedades que permitem o funcionamento lógico-matemático. Outras ações planejadas possibilitam vivências de exploração, trabalho em grupo e prática orientada, contribuindo para o avanço das habilidades cognitivas, a independência e a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem do SND.

REFERÊNCIAS

AMARAL, H. H. **Sistema de numeração decimal**: conhecimentos profissionais e práticas escolares de professores do 2º e 3º ano do 1º ciclo do ensino fundamental. 2017. 201 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Educação, Cuiabá, 2015.

BARBOSA, N. M.; RIBEIRO, I. E. C. Experimentação Didática para o Desenvolvimento da Aprendizagem Significativa Visando a Compreensão dos Racionais: um estudo baseado em uma pesquisa docente. **Revista Baiana de Educação Matemática**, Juazeiro, v. 03, n. 01, p. 01-28, p. e202202, jan./dez. 2022. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/baeducmatematica/article/view/13797/9645>. Acesso em: 26 jan. 2023.

BELL, T.; WITTEN, I. H.; FELLOWS, M. **Computer Science Unplugged...** - Off-line activities and games for all ages (draft). 1ª ed. 1997.

BERTI, N. M.; CARVALHO, M. A. B. Erro e estratégias do aluno na matemática: Contribuições para o processo avaliativo. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. **O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense, 2007**. Curitiba: SEED/PR., 2007. (Cadernos PDE). Disponível em: Acesso em 29 mai. 2016. ISBN 978-85-8015-037-7.

BICUDO, Maria Aparecida Viggiani; Pesquisa em Educação Matemática. **Pró-Posições**, v. 4, nº 1[10], 1993.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria dos métodos**. (Coleção Ciências da Educação). Portugal: Porto Editora, 1994.

BRACKMANN, Christian Puhlmann. **Desenvolvimento do Pensamento Computacional através de Atividades Desplugadas na Educação Básica**. 226 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PPGIE) do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação (CINTED) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, 2017. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/172208>. Acesso em: 08 out. 2020.

BRACKMANN, C. P.; CAETANO, S.V.C.; SILVA, A.R. Pensamento Computacional Desplugado: Ensino e Avaliação na educação primária brasileira. In: **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 17, nº 3, p. 636-647, dez. Ano 2019.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**. Brasília: MEC/ SEF, 1997.

_____. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: matemática**. Brasília, DF: MEC/SEF, 1998. BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Educação é a base. Brasília: MEC/CONSED/UNDIME, 2018

_____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular – Computação – complemento à BNCC**. Brasília: MEC, 2022.

DRESCH, A. *et al.* Design Science Research: **Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. 1ª ed. São Paulo: Bookman, 2015.

FIORENTINI, Dario; LORENZATO, Sergio. **Investigação em Educação Matemática: percursos teóricos e metodológicos**. 3ª ed. Campinas: Autores Associados, 2012.

FREITAS, Rony Cláudio de Oliveira. **Um ambiente para operações virtuais com o material dourado**. Dissertação de Mestrado, p. 189. UFES, Vitória, 2004.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2022.

GRANDO, R. C. **O jogo e suas possibilidades metodológicas no processo ensino-aprendizagem da matemática**. 1995. 175 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Unicamp, Campinas, 1995. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/253786>. Acesso em: 10 agosto. 2024.

KALELIOGLU, F.; GÜLBAHAR, Y.; KUKUL, V. A Framework for Computational Thinking Based on a Systematic Research Review. In: **Baltic Journal of Modern Computing**, v. 4, nº 3, p. 583-596, 2016.

KAMII, C. **A Criança e o Número**: implicações da teoria de Piaget para a atuação junto a escolares de 4 a 6 anos. Campinas, SP: Papirus, 1990.

KAMII, C.; LIVINGSTON, S. J. **Desvendando a Aritmética**: implicações da teoria de Piaget. Tradução de Marta Rabioglio e Camilo F. Ghorayeb. 2. ed. Campinas: Papirus. 1995.

KITCHENHAM B.A.; Charters, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering** – version 2.3, Keele/Staffs-UK and Durham-UK. (2007).

LERNER, D. Z. **A matemática na escola**: aqui e agora. 2ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. LERNER, D.; SADOVSKY, P. O sistema de numeração decimal um problema didático. In: PARRA, C.; SAIZ, I. (Org.). *Didática da Matemática*. Porto Alegre: Artmed. 1996.

LERNER, D.; SADOVSKY, P. **O sistema de numeração: um problema didático**. In: PARRA, Cecília; SAIZ, Irma (org.). *Didática da Matemática: reflexões psicopedagógicas*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. p. 73-155.

LIUKAS, L. **Hello Ruby**: adventures in coding. Feiwei & Friends, 2015.

LORENZATO, S. **Educação Infantil e percepção matemática**. Campinas, SP: Autores Associados, 2006.

MORAN, J. M. Mudar a forma de ensinar e aprender com tecnologias. In: **Interações**, n. 9, p. 57-72, 2000.

MUNIZ, C. A. **Brincar e jogar**: enlaces teóricos e metodológicos no campo da educação matemática. Belo Horizonte: Autêntica, 2010.

PAPERT, Seymour. **Mindstorms**: Children, Computers and Powerful Ideas. New York: Basic Books, 1980.

PAPERT, S.; HAREL, I. **Constructionism**: research reports and essays, 1985-1990. Norwood, N.J: Ablex Pub. Corp, 1991.

PEFFERS, Ken *et al.* A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. In: **Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, p.45-77, 2007.

PIAGET, J. **Abstração reflexionante**: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais. Porto Alegre: Artmed, 1995.

PIMENTEL, M. Design Science Research e Pesquisas com os cotidianos escolares para fazer pensar as pesquisas em Informática na Educação. In: **Simpósio brasileiro de informática na educação**, 28.; Congresso brasileiro de informática na educação, 6., 2017, Recife. Anais [...] Recife: [s. n.], 2017. Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/7570> . Acesso em: 10 set. 2024.

PIMENTEL, M.; FILIPPO, D.; SANTORO, F. M. Design Science Research: fazendo pesquisas científicas rigorosas atreladas ao desenvolvimento de artefatos computacionais projetados para a educação. In: JAQUES, P. A.; PIMENTEL, M.; SIQUEIRA, S.; BITTENCOURT, I. (org.) **Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação: Conceção de Pesquisa**. Porto Alegre: SBC, 2020. (Série Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação, v. 1) Disponível em: <https://metodologia.ceie-br.org/livro-1/> Acesso em: 10 set. 2024.

RODRIGUES, William Costa. **Metodologia científica**. [apresentação em slides], Faetec/IST. Paracambi, p. 2-20, 2007.

SILVA, I. K. O; MORAIS, M. J. O. Desenvolvimento de jogos educacionais no apoio do processo de ensino-aprendizagem no ensino fundamental. In: **Holos**. Natal, v. 5, p. 153-164, 2011.

SOARES, E. S. **Ensinar Matemática: desafios e possibilidades**. Dimensão, Belo Horizonte, 1ª ed., 2009.

WING, Jeanette Marie. Computational Thinking. In: **Communications of ACM**, v. 49, n. 3, p. 33- 36, 2006.

_____. Research Notebook: Computational Thinking – what and why. In: **The link magazine**, v. 6, 2011.

_____. Computational thinking's influence on research and education for all. In: **Italian Journal of Educational Technology**, v. 25, n. 2, p. 7- 14.