Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Sociais e Educação
Departamento de Matemática, Estatística e Informática
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática
Mestrado Profissional em Ensino de Matemática
Linha de Pesquisa: Metodologia para o Ensino de Matemática no Ensino Médio

Jetro Ialen Moreira Bento

A UTILIZAÇÃO DA TEORIA TPACK NO DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS PARA O ENSINO DE FUNÇÕES AFINS

Belém – PA
2026

Jetro Ialen Moreira Bento

A UTILIZAÇÃO DA TEORIA TPACK NO DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS PARA O ENSINO DE FUNÇÕES AFINS

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Matemática pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática, Universidade do Estado do Pará. Linha de Pesquisa: Metodologia para o Ensino de Matemática no Ensino Médio.
Orientador: Prof. Dra. Profa. Dra. Ana Kely Martins da Silva.
Coorientador: Profa. Dra. Cinthia Cunha Maradei Pereira.

Belém – PA
2026

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) de acordo com o ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade do Estado do Pará

B478u

Bento, Jetro Ialen Moreira

A utilização da teoria TPACK no desenvolvimento de aplicativos para o ensino de funções afins/ Jetro Ialen Moreira Bento. — Belém, 2026.

214 f. : il. ; color.

Orientadora: Profª. Dra. Ana Kely Martins da Silva

Coorientadora: Profª. Dra. Cinthia Cunha Maradei Pereira

Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática (PPGEM) - Universidade do Estado do Pará, Campus I - Centro de Ciências Sociais e Educação (CCSE), 2026.

1. Ensino de matemática. 2. TPACK. 3. TRRS. 4. Função afim. 5. Aplicativo educacional. I. Título.

CDD 22.ed. 372.1397

Elaborado por Priscila Melo CRB/2-1345

JETRO IALEN MOREIRA BENTO

A UTILIZAÇÃO DA TEORIA TPACK NO DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS PARA O ENSINO DE FUNÇÕES AFINS

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Matemática pelo Programa de Pós-Gaduação em Ensino de Matemática da Universidade do Estado do Pará. Linha de Pesquisa: Metodologia do Ensino de Matemática no Nível Médio.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Kely Martins da Silva.

Data de aprovação: 26/01/2026

Banca examinadora

Documento assinado digitalmente
gov.br
ANA KELY MARTINS DA SILVA
Data: 26/01/2026 15:06:49-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____. Orientadora
Profa. Dra. ANA KELY MARTINS DA SILVA
Doutora em Educação – Pontifícia Universidade Católica / PUC-RJ
Universidade do Estado do Pará

Documento assinado digitalmente
gov.br
CINTHIA CUNHA MARADEI PEREIRA
Data: 29/01/2026 18:33:54-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____. Examinador Interno
Profa. Dra. CINTHIA CUNHA MARADEI PEREIRA
Doutora em Bioinformática - Universidade Federal do Pará / UFPA
Universidade do Estado do Pará

Documento assinado digitalmente
gov.br
TALITA CARVALHO SILVA DE ALMEIDA
Data: 28/01/2026 22:37:57-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____. Examinador Externo
Profa. Dra. TALITA CARVALHO SILVA DE ALMEIDA
Doutora em Educação Matemática – Pontifícia Universidade Católica / PUC-SP
Universidade Federal do Pará

Belém – PA

2026

ERRATA

Na Lista de Quadros, onde se lê “Figura”, leia-se “Quadro”.

Ao meu Senhor e meu Deus, Autor da Vida, quem escreveu a minha história; a meu pai, Aurino Bento da Silva, e a minha mãe, Luiza Moreira da Silva.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser o autor e sustentáculo de minha jornada.

Às professoras que guiaram este trabalho, expresso minha profunda gratidão: à orientadora, professora Dra. Ana Kely Martins da Silva, pela direção segura e pelos ensinamentos que transcenderam os limites da academia; à coorientadora, professora Dra. Cinthia Cunha Maradei, pelo apoio fundamental e pelo olhar complementar; e à integrante convidada da banca, professora Dra. Talita Carvalho Silva de Almeida, pela valiosa contribuição nas etapas de pós-qualificação e pré-defesa.

Aos companheiros de caminhada, meus colegas do Mestrado em Ensino de Matemática, em especial Giovanni Almeida Marques, Carlos Magno de Moraes e Jorge Soares Menor Filho, pela parceria, pelos debates e pelo apoio mútuo nos momentos mais desafiadores. Aos colegas de trabalho do IFMA – Campus Codó, Álvaro Itaúna Schalcher Pereira, Raimundo dos Santos Marcolino, Danilo Lima Falcão, Alberto Faustino Dias, Francisco Adelton Alves Ribeiro, José Nilson Santos da Costa Filho, Abias Rodrigues da Cruz, Jandherson Moura Silva, Caio Veloso, Stênio Lima Rodrigues, Marcos Vinícius de Freitas Borges, Leonardo Baltazar Cantanhede, Douglas Rafael Silva Barbosa e Irapuan Lira Feitosa Filho, agradeço pela compreensão, flexibilidade, incentivo, apoio e conselhos ao longo desta jornada.

Por fim, e não menos importante, à minha família: à minha esposa, "Chirley MacClane", pelo amor incondicional, pela paciência e pela parceria em todas as horas; e aos meus filhos, Jertoni Abraão, Jhenalise Guhen e Joseph Jacob, que são minha luz e inspiração diária.

"Se, porém, algum de vocês necessita de sabedoria, peça a Deus, que a todos dá com generosidade"

Tiago 1:5

RESUMO

Esta dissertação analisa o desenvolvimento de um aplicativo educacional, denominado *Conversor Afim*, voltado ao ensino da Função Afim, no âmbito da linha de pesquisa Metodologia para o Ensino de Matemática no Ensino Médio, em consonância com orientações curriculares da Base Nacional Comum Curricular. O estudo adota como referencial teórico central o Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo, compreendido como base para a organização do ensino e para a integração intencional de tecnologias digitais às práticas pedagógicas em Matemática. Parte-se do problema de investigar como o ensino de Função Afim na região Meio-Norte (Maranhão e Piauí) pode orientar, à luz desse referencial, a produção de um aplicativo educacional capaz de enfrentar dificuldades recorrentes nesse conteúdo. O objetivo geral consiste em analisar de que modo o ensino de Função Afim nessa região subsidia o desenvolvimento do aplicativo, considerando os dados diagnósticos levantados no contexto investigado. Nesse quadro teórico, a Teoria dos Registros de Representação Semiótica contribui para o aprofundamento do conhecimento do conteúdo, orienta decisões pedagógicas e fundamenta o uso de tecnologias digitais na articulação entre diferentes registros de representação. A metodologia envolve revisão bibliográfica e documental, aplicação de questionários diagnósticos a professores, desenvolvimento do aplicativo no ambiente App Inventor e validação do produto educacional com professores e graduandos da área de Matemática. Os resultados da validação indicam elevada aceitação do aplicativo em relação aos itens avaliados, evidenciando coerência entre o referencial teórico adotado, os objetivos didáticos propostos e as funcionalidades implementadas. Como contribuição, a pesquisa entrega um aplicativo educacional validado para o estudo da Função Afim e um racional pedagógico-tecnológico que pode subsidiar práticas de ensino mediadas por tecnologias digitais.

Palavras-chave: ensino de matemática; TPACK; TRRS; função afim; aplicativo educacional.

ABSTRACT

This dissertation analyzes the development of an educational application, called Conversor Afim, aimed at teaching the affine function, within the research line Methodology for the Teaching of Mathematics in Secondary Education, in accordance with curricular guidelines of the Brazilian National Common Core Curriculum. The study adopts Technological Pedagogical Content Knowledge as its central theoretical framework, understood as a basis for organizing instruction and for the intentional integration of digital technologies into mathematics teaching practices. The research addresses the problem of investigating how the teaching of the affine function in the Middle-North region of Brazil (states of Maranhão and Piauí) can guide, in light of this framework, the production of an educational application capable of addressing recurring difficulties related to this content. The general objective is to analyze how the teaching of the affine function in this region supports the development of the application, considering diagnostic data collected in the investigated context. Within this theoretical framework, the Theory of Semiotic Representation Registers contributes to deepening content knowledge, guiding pedagogical decisions, and grounding the use of digital technologies in the articulation of different representation registers. The methodology involves bibliographic and documentary review, the application of diagnostic questionnaires to teachers, development of the application in the App Inventor environment, and validation of the educational product with teachers and undergraduate mathematics students. The validation results indicate high acceptance of the application with respect to the evaluated criteria, evidencing coherence between the adopted theoretical framework, the proposed instructional objectives, and the implemented functionalities. As a contribution, the study delivers a validated educational application for the study of the affine function and a pedagogical-technological rationale that can support teaching practices mediated by digital technologies.

Keywords: mathematics teaching; TPACK; TRRS; affine function; educational application.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Livros analisados no estudo. 26

Figura 3.1 – Modelo dos processos de ação e raciocínio pedagógicos. 39
Figura 3.2 – Esquema amplo de CK (mapa conceitual) 46
Figura 3.3 – Esquema amplo de PK (mapa conceitual). 48
Figura 3.4 – Esquema amplo de TK (mapa conceitual). 50
Figura 3.5 – PCK como intersecção entre conhecimento de conteúdo (CK) e conhecimento pedagógico (PK). 52
Figura 3.6 – TCK como intersecção entre conhecimento de conteúdo (CK) e conhecimento tecnológico (TK) 54
Figura 3.7 – TPK como intersecção entre conhecimento pedagógico (PK) e conhecimento tecnológico (TK) 55
Figura 3.8 – Modelo TPACK 57
Figura 3.9 – Mapa de interações entre registros 64
Figura 3.10–Coordenação de registros como critério de compreensão conceitual . . . 64

Figura 5.1 – Distribuição por sexo dos professores respondentes (2020) 81
Figura 5.2 – Distribuição por faixa etária dos professores respondentes (2020) 81
Figura 5.3 – Distribuição por nível de escolaridade dos professores respondentes (2020) 82
Figura 5.4 – Formação em nível de Ensino Superior dos professores respondentes (2020) 82
Figura 5.5 – Distribuição das especializações declaradas pelos professores respondentes (2020) 83
Figura 5.6 – Distribuição das áreas de mestrado dos professores respondentes (2020) 84
Figura 5.7 – Ano de conclusão da maior formação dos professores respondentes (2020) 84
Figura 5.8 – Ano de conclusão do Ensino Superior dos professores respondentes (2020) 85
Figura 5.9 – Ano de conclusão da especialização dos professores respondentes (2020) 86
Figura 5.10–Ano de conclusão do mestrado dos professores respondentes (2020) . . 86
Figura 5.11–Tempo de serviço como professor dos respondentes (2020) 87
Figura 5.12–Formas de início das aulas de Matemática relatadas pelos professores (2020) 88
Figura 5.13–Aspectos que os professores mais sentem falta ao ministrar aulas de Matemática (2020) 89
Figura 5.14–Referências utilizadas na seleção de conteúdos de Matemática pelos professores (2020) 90
Figura 5.15–Principais formas de avaliação utilizadas pelos professores de Matemática (2020) 91

Figura 5.16–Estratégias utilizadas para fixar o conteúdo ministrado (2020) 93
Figura 5.17–Percepção dos professores quanto à oferta de formação continuada pela rede de ensino (2020) 94
Figura 5.18–Frequência de participação dos professores em cursos de formação continuada (2020) 95
Figura 5.19–Percepção dos professores sobre a dificuldade de ensinar Matemática (2020) 95
Figura 5.20–Percepção dos professores sobre o gosto dos alunos pela Matemática (2020) 96
Figura 5.21–Principais dificuldades dos alunos nas aulas de Matemática, segundo os professores (2020) 97
Figura 5.22–Blocos de conteúdos da Matemática considerados mais importantes pelos professores (2020) 98
Figura 5.23–Percepção dos professores sobre subtópicos da Função Afim (1º ano EM) – categorias detalhadas (2020) 99
Figura 5.24–Percepção dos professores sobre subtópicos da Função Afim (1º ano EM) – excluindo a categoria *costumo ensinar* (2020) 100
Figura 5.25–Percepção dos professores sobre subtópicos da Função Afim (1º ano EM) – agrupado em Facilidade × Dificuldade (2020) 100
Figura 5.26–Distribuição por sexo dos professores respondentes (2025) 102
Figura 5.27–Distribuição por faixa etária dos professores respondentes (2025) 102
Figura 5.28–Distribuição por escolaridade dos professores respondentes (2025) . . . 103
Figura 5.29–Distribuição por formação em nível de Ensino Superior dos professores respondentes (2025) 104
Figura 5.30–Distribuição por área de especialização dos professores respondentes (2025) 105
Figura 5.31–Distribuição por área de formação em nível de Mestrado dos professores respondentes (2025) 106
Figura 5.32–Ano de conclusão da maior formação dos professores respondentes (2025) 107
Figura 5.33–Distribuição dos professores por período de conclusão do Ensino Superior (2025) 108
Figura 5.34–Distribuição dos professores por período de conclusão da Especialização (2025) 109
Figura 5.35–Distribuição dos professores por ano de conclusão do Mestrado (2025) . 110
Figura 5.36–Distribuição dos professores segundo o tempo de serviço na docência (2025) 110
Figura 5.37–Formas de iniciar as aulas de Matemática segundo os professores respondentes (2025) 111

Figura 5.38–Aspectos que os professores mais sentem falta ao ministrar aulas de Matemática (2025) 112
Figura 5.39–Referenciais utilizados pelos professores na seleção de conteúdos de Matemática (2025) 113
Figura 5.40–Principais formas de avaliação utilizadas pelos professores de Matemática (2025) 114
Figura 5.41–Estratégias utilizadas pelos professores para fixação do conteúdo ministrado (2025) 115
Figura 5.42–Oferta de formação continuada pela rede de ensino segundo os professores (2025) 116
Figura 5.43–Participação dos professores em cursos de formação continuada quando ofertados (2025) 117
Figura 5.44–Percepção dos professores sobre a dificuldade de ensinar Matemática (2025) 118
Figura 5.45–Percepção dos professores sobre o gosto dos alunos pela Matemática (2025) 119
Figura 5.46–Percepção dos professores sobre as maiores dificuldades dos alunos nas aulas de Matemática (2025) 120
Figura 5.47–Bloco de conteúdos considerado mais importante pelos professores de Matemática (2025) 121
Figura 5.48–Percepção dos professores sobre subtópicos da Função Afim (1º ano EM) – Barras empilhadas com “Costumo ensinar” (2025) 122
Figura 5.49–Percepção dos professores sobre subtópicos da Função Afim (1º ano EM) – Barras múltiplas (2025) 122
Figura 5.50–Percepção dos professores sobre subtópicos da Função Afim (1º ano EM) – Facilidade × Dificuldade (2025) 123
Figura 5.51–Distribuição dos estudantes do IFMA Codó por nível de proficiência em Matemática (SAEB 2023) 141
Figura 5.52–Distribuição dos estudantes do Colares Moreira por níveis de aprendizagem em Matemática (SEAMA 2025) 143

Figura 7.1 – Distribuição dos participantes por cidade de residência 160
Figura 7.2 – Distribuição dos participantes segundo o perfil de atuação/formação . . 161
Figura 7.3 – Distribuição dos participantes segundo a formação acadêmica 162
Figura 7.4 – Distribuição dos participantes segundo o tempo de experiência docente 162
Figura 7.5 – Distribuição dos participantes segundo o nível de familiaridade com tecnologias digitais 163
Figura 7.6 – Ferramentas digitais conhecidas ou utilizadas pelos participantes 164
Figura 7.7 – Frequência de uso de tecnologias digitais nas aulas 164

Figura 7.8 – Relação entre familiaridade com tecnologias digitais e avaliação da interface do aplicativo 165
Figura 7.9 – Relação entre uso prévio do GeoGebra e avaliação dos módulos gráficos do aplicativo 166
Figura 7.10–Relação entre uso prévio do App Inventor e avaliação geral do aplicativo *Conversor Afim.* 167
Figura 7.11–Avaliação geral do aplicativo *Conversor Afim.* 168
Figura 7.12–Avaliação dos módulos do aplicativo quanto ao atendimento aos objetivos propostos 169
Figura 7.13–Aprovação da validação do aplicativo *Conversor Afim* 171
Figura 7.14–Aprovação da validação da cartilha pedagógica de uso do *Conversor Afim* 172

Figura A.1 – Ficha de Avaliação de Produtos Educacionais — página 1 191
Figura A.2 – Ficha de Avaliação de Produtos Educacionais — página 2 192
Figura A.3 – Ficha de Avaliação de Produtos Educacionais — página 3 193

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Distribuição por sexo dos professores respondentes. 124
Tabela 5.2 – Distribuição por faixa etária dos professores respondentes. 125
Tabela 5.3 – Distribuição por escolaridade dos professores respondentes. 125
Tabela 5.4 – Distribuição por formação em nível superior dos professores respondentes. 126
Tabela 5.5 – Distribuição por área temática das especializações dos professores respondentes. 126
Tabela 5.6 – Distribuição por área de mestrado dos professores respondentes. 127
Tabela 5.7 – Distribuição por área de doutorado dos professores respondentes. . . . 128
Tabela 5.8 – Distribuição por intervalo de conclusão da maior formação dos professores respondentes. 128
Tabela 5.9 – Distribuição por período de conclusão do ensino superior dos professores respondentes. 129
Tabela 5.10–Distribuição por período de conclusão da especialização dos professores respondentes. 129
Tabela 5.11–Distribuição por período de conclusão do mestrado dos professores respondentes. 130
Tabela 5.12–Distribuição do tempo de serviço dos professores respondentes. 130
Tabela 5.13–Formas de iniciar as aulas de Matemática segundo os professores respondentes. 131
Tabela 5.14–Aspectos de que os professores mais sentem falta ao ministrar aulas de Matemática. 131
Tabela 5.15–Critérios de seleção de conteúdos de Matemática segundo os professores respondentes. 132
Tabela 5.16–Principais formas de avaliação aplicadas pelos professores de Matemática. 133
Tabela 5.17–Formas de fixação do conteúdo de Matemática utilizadas pelos professores. 133
Tabela 5.18–Oferta de formação continuada pela rede de ensino segundo os professores respondentes. 134
Tabela 5.19–Frequência de participação dos professores em cursos de formação continuada. 134
Tabela 5.20–Percepção dos professores sobre a dificuldade de ensinar Matemática. . 135
Tabela 5.21–Percepção dos professores sobre o gosto dos alunos pela Matemática. . 135
Tabela 5.22–Principais dificuldades dos alunos nas aulas de Matemática segundo os professores. 136
Tabela 5.23–Bloco de conteúdos de Matemática considerado mais importante pelos professores. 136

Tabela 5.24–Percepção dos professores sobre subtópicos da Função Afim (facilidade × dificuldade). 138
Tabela 5.25–SEAMA (3º ano do EM): habilidades avaliadas ligadas à função afim . 142

Tabela 7.1 – Avaliação dos especialistas segundo as dimensões do modelo TPACK . 170

LISTA DE QUADROS

Figura 2.1 – Competências, habilidades da BNCC e implicações pedagógicas da Função Afim no Ensino Médio 8
Figura 2.2 – Ideias constitutivas do conceito de função por autor 12
Figura 2.3 – Mapeamento de uso de TDIC em Função Afim nos livros do PNLD 2026 (Parte 1) 27
Figura 2.4 – Mapeamento de uso de TDIC em Função Afim nos livros do PNLD 2026 (Parte 2) 28
Figura 2.5 – Mapeamento de uso de TDIC em Função Afim nos livros do PNLD 2026 (Parte 3) 29
Figura 2.6 – Mapeamento de uso de TDIC em Função Afim nos livros do PNLD 2026 (Parte 4) 30
Figura 2.7 – Mapeamento de uso de TDIC em Função Afim nos livros do PNLD 2026 (Parte 5) 31

Figura 3.1 – Categorias da base de conhecimento docente 37
Figura 3.2 – Definições de Conhecimento do Conteúdo (CK) 45
Figura 3.3 – Definições de Conhecimento Pedagógico (PK) 47
Figura 3.4 – Definições de Conhecimento Tecnológico (TK) 49
Figura 3.5 – Definições de PCK 52
Figura 3.6 – Definições de TCK 53
Figura 3.7 – Definições de TPK 55
Figura 3.8 – Definições de TPACK 56
Figura 3.9 – O papel do contexto no modelo TPACK 58
Figura 3.10–Linguagens associadas ao conceito de função 60
Figura 3.11–Funções das representações semióticas 61
Figura 3.12–Atividades ligadas aos registros de representação 62
Figura 3.13–Tipos de conversão 63
Figura 3.14–Erros característicos na interpretação de coeficientes e estrutura da função afim 70
Figura 3.15–Dificuldades e erros recorrentes na aprendizagem da função afim 72
Figura 3.16–Dificuldades recorrentes na aprendizagem da função afim 73

Figura 5.1 – SAEB (3º ano do EM): marcos de proficiência conectados à função afim 140

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CK	Conhecimento do Conteúdo
EM	Ensino Médio
IFMA	Instituto Federal do Maranhão
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
PCK	*Pedagogical Content Knowledge*
PISA	*Programme for International Student Assessment*
PK	Conhecimento Pedagógico
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
SEAMA	Sistema Estadual de Avaliação do Maranhão
TCK	Conhecimento Tecnológico do Conteúdo
TK	Conhecimento Tecnológico
TPACK	*Technological Pedagogical Content Knowledge*
TPK	Conhecimento Tecnológico-Pedagógico
TRRS	Teoria dos Registros de Representação Semiótica
UEPA	Universidade do Estado do Pará

LISTA DE SÍMBOLOS

$f : A \to B$	Função de A em B
$f(x) = ax + b$	Lei de formação da função afim
a	Coeficiente angular (taxa de variação)
b	Coeficiente linear (valor inicial)
Δx	Variação da variável independente
Δy	Variação da variável dependente
$\Delta y/\Delta x$	Taxa de variação média
x	Variável independente
y	Variável dependente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

2 ASPECTOS CURRICULARES 5
2.1 A Base Nacional Comum Curricular 5
2.2 O objeto matemático Função Afim 10
2.3 Livros didáticos e a abordagem tecnológica-digital da Função Afim 25
2.4 Metodologias ativas no contexto da formação docente 33

3 ASPECTOS TEÓRICOS 36
3.1 O modelo PCK de Shulman e sua evolução para o TPACK . 36
3.2 A Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) . 58
3.3 A Teoria dos Registros de Representação Semiótica como referencial para a organização do ensino no âmbito do TPACK 67
3.4 Dificuldades na Aprendizagem da Função Afim 69
3.5 Aplicativos Educacionais e Dispositivos Móveis no Ensino de Matemática 73

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 76

5 ANÁLISE DA PESQUISA DIAGNÓSTICA 80
5.1 Primeira etapa: pesquisa de 2020 80
5.2 Segunda etapa: pesquisa de 2025 101
5.3 Comparações e síntese interpretativa 124
5.4 Avaliações externas: PISA, SAEB e SEAMA 139

6 CONSTRUÇÃO DO APLICATIVO 144
6.1 Etapas do desenvolvimento do aplicativo 144
6.2 Módulos e suas funções didáticas 144
6.3 Tratamentos e conversões entre registros 148
6.4 Subtópicos de função afim contemplados 150
6.5 O TPACK como modelo de desenvolvimento 151

7 VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL 157
7.1 Objetivos e critérios da validação do produto educacional . . 157
7.2 Participantes da validação 158
7.3 Procedimentos de validação do produto educacional 158

7.4 Instrumentos de validação e critérios de análise 159
7.5 Análise dos resultados do questionário de validação 159

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS 173

Referências 175

APÊNDICES 182

APÊNDICE A – TERMO DE ACEITE E CONDIÇÕES DE PARTICIPAÇÃO NO EVENTO FORMATIVO 183

APÊNDICE B – APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E IDENTIFICAÇÃO DOS PARTICIPANTES . . . 185

APÊNDICE C – FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES DA VALIDAÇÃO 186

APÊNDICE D – FICHA DE VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL – APLICATIVO 187

APÊNDICE E – FICHA DE VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL – CARTILHA 189

ANEXOS 190

ANEXO A – FICHA DE AVALIAÇÃO DE PRODUTOS EDUCACIONAIS 191

1 INTRODUÇÃO

Sou filho de dois professores — meu pai, professor universitário de Matemática, e minha mãe, professora de Ciências na Educação Infantil —, e, desde cedo, a escola, os livros e as conversas sobre ensino fizeram parte da minha vida. A educação nunca foi, para mim, algo distante; ao contrário, esteve presente de forma natural no dia a dia da minha família e acabou moldando, mesmo que de maneira silenciosa, minhas escolhas futuras.

Sempre me interessei por diferentes áreas do conhecimento. Ainda assim, Biologia e Matemática despertavam em mim um entusiasmo particular. Dessa forma ao ingressar no ensino superior optei por cursar simultaneamente Matemática, pela Universidade Estadual do Piauí (UESPI), e Biologia, pela Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Em 1999, iniciei minha trajetória como professor, ainda durante a graduação, atuando em diferentes níveis e modalidades de ensino. Ao longo dos anos, lecionei no Ensino Fundamental, na Educação de Jovens e Adultos, no Ensino Técnico e, posteriormente, no Ensino Superior. As primeiras experiências docentes foram marcadas por desafios significativos. Ensinar exigia mais do que domínio do conteúdo: demandava sensibilidade para lidar com os alunos, capacidade de adaptação e, sobretudo, disposição para aprender com os próprios erros.

Paralelamente à atuação em sala de aula, sempre mantive um interesse particular pelas tecnologias digitais. Realizei curso de informática na antiga Escola Técnica — hoje Instituto Federal do Piauí (IFPI) — e, embora não tenha concluído uma pós-graduação em Engenharia de Software, esse contato inicial fortaleceu minha afinidade com recursos tecnológicos, que mais tarde passariam a ocupar lugar relevante em minha prática pedagógica.

Atualmente, atuo como professor EBTT no Instituto Federal do Maranhão (IFMA), condição que ampliou de forma decisiva minha compreensão sobre a docência, especialmente no que se refere à articulação entre ensino básico, técnico e tecnológico.

No IFMA, participei de uma pesquisa voltada ao uso de textos de divulgação científica, experiência que influenciou diretamente a elaboração do meu Trabalho de Conclusão de Curso de especialização, no qual investiguei a Educação Ambiental articulada ao uso de Textos de Divulgação Científica como recurso didático no ensino de Matemática. Essa escolha esteve fortemente vinculada à minha atuação em cursos técnicos das áreas de Agronomia e Meio Ambiente, nos quais as questões ambientais frequentemente demandam a compreensão de relações matemáticas, em especial aquelas modeladas por funções afins. Foi nesse contexto que a função afim passou a se consolidar como eixo central das minhas reflexões e investigações no ensino de Matemática.

Esse percurso formativo despertou em mim o desejo de aprofundar os estudos na área, levando-me a buscar o mestrado. Após tentativas em programas acadêmicos da UFPI e no

Profmat, fui incentivado por um colega a conhecer o Mestrado Profissional em Ensino de Matemática da Universidade do Estado do Pará (UEPA). A aprovação nesse programa representou um marco importante na minha trajetória, pois ampliou significativamente meu olhar sobre o ensino, especialmente no que diz respeito à modelagem matemática, à resolução de problemas e ao uso pedagógico das tecnologias educacionais.

Foi no contexto do mestrado que tive contato com a plataforma App Inventor, inicialmente por meio de uma atividade de construção de uma calculadora. Essa experiência despertou em mim o interesse de ir além do proposto e desenvolver um recurso didático mais robusto e alinhado às necessidades reais da sala de aula. Desse movimento nasceu a primeira versão do aplicativo Conversor Afim, concebido como um instrumento de apoio à aprendizagem da função afim, articulando tecnologia, conteúdo matemático e reflexão pedagógica. Esse processo reafirmou minha compreensão de que a docência se constrói de forma contínua, na interseção entre experiência, formação e reflexão crítica sobre a própria prática.

A escola tem por missão conduzir os estudantes à aquisição do conhecimento sistematizado, ao desenvolvimento de capacidades e habilidades de pensamento e à formação de atitudes e valores que sustentem a realização pessoal e social (Rafael; Sousa; Freitas, 2013). No que se refere ao desenvolvimento de capacidades e habilidades de pensamento, a Matemática tem muito a contribuir, pois estimula o raciocínio lógico, a abstração, a generalização e a capacidade de resolução de problemas. Nesse sentido, são relevantes o estudo dos números, formas e álgebra, entre outros. No componente Matemática, o estudo de funções ocupa lugar central na organização do pensamento quantitativo, relacional e variacional; como destaca Dante (2014), reconhecer e modelar relações de dependência entre grandezas é basilar nas ciências e na vida cotidiana. Das funções, a Função Afim (polinomial do 1º grau) adquire destaque por modelar fenômenos e por aparecer de forma recorrente, nas práticas escolares.

O estudo desse tipo de função, bem como de outros conteúdos matemáticos, leva em conta alguns aspectos metodológicos apresentados em nossos documentos educacionais oficiais.

No contexto brasileiro, a BNCC (Base Nacional Comum Curricular) orienta, para o Ensino Médio, o trabalho com múltiplos registros de representação (algébrico, tabular e gráfico), a resolução de problemas com sentido para o estudante e o uso intencional de tecnologias digitais (Brasil, 2018). No entanto, observam-se lacunas de aprendizagem persistentes relacionadas à leitura de gráficos, à interpretação de variáveis e à compreensão de parâmetros em situações funcionais. No Meio-Norte (MA/PI), tais desafios convivem com o uso ainda restrito e pouco orquestrado de TDIC (Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação), frequentemente desvinculado de objetivos conceituais e pedagógicos claros em sala de aula, o que reforça a necessidade de propostas didáticas que aproximem conteúdo, pedagogia e tecnologia de maneira fundamentada.

Assim sendo, esta dissertação parte de duas frentes convergentes: (i) a relevância curricular e formativa da Função Afim, tal como preconizada pela BNCC, e (ii) o diagnóstico de dificuldades recorrentes na coordenação de registros e na interpretação dos parâmetros a (taxa de variação) e b (valor inicial). A hipótese de trabalho é que uma intervenção tecnopedagógica, concebida a partir do diagnóstico das dificuldades recorrentes identificadas no contexto do Meio-Norte e orientada por intencionalidade didática, pode contribuir para tornar visíveis as conversões entre representações e atribuir significado aos parâmetros na leitura de situações.

A TRRS (Teoria dos Registros de Representação Semiótica), de Duval (2003), fornece não apenas a chave analítica para compreender a natureza das dificuldades observadas, mas também critérios para orientar intervenções didáticas, uma vez que a aprendizagem conceitual não se reduz a tratamentos algébricos dentro de um registro; ela requer, sobretudo, *conversões* entre registros (do algébrico ao gráfico e vice-versa, do tabular ao algébrico, etc.), operação cognitivamente custosa e frequentemente invisibilizada nas rotinas de ensino. Quando a passagem entre registros não é *orquestrada* didaticamente e assumida como objeto explícito de ensino, emergem erros sistemáticos e compreensões frágeis, descritos em pesquisas sobre a didática de funções e da própria Função Afim (Soares; Rêgo, 2015; Delgado; Friedmann; Lima, 2010; Baltazar, 2024).

Para transformar esse diagnóstico em decisões de design didático e tecnológico, adotamos o TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) (Mishra; Koehler, 2006), derivado do PCK (Pedagogical Content Knowledge) (Shulman, 1986), como quadro de referência que articula conhecimento de conteúdo (Função Afim), conhecimento pedagógico (atividades, *feedbacks*, mediação) e o conhecimento tecnológico, que envolve tanto os recursos digitais quanto as possibilidades de ação pedagógica. Em coerência com a BNCC, o modelo TPACK orienta o professor sobre *quais* objetivos e experiências de aprendizagem devem ser priorizados e *como* essas experiências podem ser efetivamente conduzidas com o apoio das TDIC. Já a TRRS complementa essa perspectiva ao indicar *onde* o professor deve intervir, tornando explícitas e exercitáveis as conversões entre registros de representação — condição essencial para que o estudante compreenda o objeto matemático em sua totalidade. Essa dupla ancoragem (TPACK + TRRS) orienta tanto a especificação de atividades quanto a arquitetura funcional do produto educacional proposto.

É a partir dessa articulação entre diagnóstico empírico, TRRS e TPACK que se delineiam a problematização e os objetivos desta pesquisa.

Problema de pesquisa

De que modo a articulação entre a Teoria dos Registros de Representação Semiótica e o Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo pode fundamentar a formação de professores de Matemática e, no contexto da região Meio-Norte, orientar o desenvolvimento de um aplicativo educacional para o ensino de função afim no Ensino Médio?

Objetivos

Objetivo geral

Desenvolver um aplicativo educacional para o ensino de função afim, fundamentado na articulação entre a Teoria dos Registros de Representação Semiótica e o Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo, cujos requisitos técnicos e pedagógicos derivem da análise das dificuldades de aprendizagem identificadas na região Meio-Norte.

Objetivos específicos

- Caracterizar o perfil de professores de Matemática do Meio-Norte (MA/PI), com foco no ensino de Função Afim;
- Identificar as principais dificuldades dos estudantes em Função Afim;
- Produzir um aplicativo educacional para o ensino de função afim, fundamentado na articulação entre a TRRS e o TPACK;
- Validar o aplicativo educacional desenvolvido.

A dissertação organiza-se da seguinte forma: o Capítulo 2 discute aspectos curriculares (BNCC, livros didáticos e metodologias ativas) que enquadram o ensino de função afim; o Capítulo 3 apresenta o referencial teórico (PCK $\rightarrow$ TPACK; TRRS; dificuldades e erros em função afim; aplicativos educacionais); o Capítulo 4 detalha os procedimentos metodológicos; o Capítulo 5 relata o levantamento (perfil docente e dificuldades) e sintetiza achados; o Capítulo 6 descreve a especificação e o protótipo do *Conversor Afim*; o Capítulo 7 apresenta a etapa de validação do produto educacional, explicitando procedimentos, instrumentos e análise dos resultados; por fim, em Considerações Finais, retomam-se as principais contribuições, limitações e encaminhamentos da pesquisa.

2 ASPECTOS CURRICULARES

Este capítulo aborda os aspectos curriculares relacionados ao ensino de funções afins, com ênfase na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e nos livros didáticos.

2.1 A Base Nacional Comum Curricular

Homologada em 2017, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece-se como um documento normativo que define as aprendizagens essenciais a serem garantidas em toda a Educação Básica. Ela funciona como uma referência curricular que detalha um conjunto articulado e progressivo de conhecimentos que todos os alunos devem desenvolver ao longo de suas trajetórias escolares, assegurando, dessa forma, seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento integral. Conforme consta no texto oficial:

> A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento. (Brasil, 2018, p. 7)

Nesse contexto, a BNCC vai além de ser uma simples lista de prescrições, configurando-se como um marco orientador para a equidade e a qualidade na formação. Afinal, como garantir tais direitos sem uma base comum que sirva de parâmetro para o trabalho das escolas, das redes e dos professores? Esse é o questionamento primordial ao se examinar a BNCC.

Por essa razão, a BNCC não se limita a orientar currículos: ela assume um papel estratégico na articulação das políticas educacionais do país. Mais do que um documento normativo, constitui-se como referência nacional para a elaboração de propostas pedagógicas, a organização da formação de professores, a definição de critérios avaliativos e a produção de materiais didáticos. Assim, opera como um eixo de convergência entre dimensões que antes se apresentavam fragmentadas, promovendo a integração entre currículo, formação docente e avaliação em larga escala. O documento reforça essa abrangência:

> Referência nacional para [...] propostas pedagógicas [...] vai contribuir para o alinhamento de ações [...] referentes à formação de professores, à avaliação [e] à elaboração de conteúdos educacionais. (Brasil, 2018, p. 8).

Em sua estrutura, a BNCC organiza-se em torno do desenvolvimento de dez competências gerais que permeiam todas as áreas do conhecimento, constituindo-se como eixo central da formação do estudante no século XXI. O documento define competência como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para responder a demandas complexas

da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho. Portanto, o objetivo vai além da transmissão de conteúdos isolados, visando assegurar que os estudantes desenvolvam capacidades para o uso social e crítico da Matemática e de outros saberes.

No Ensino Médio, esses diferentes campos da Matemática são integrados de forma mais consistente, superando a segmentação presente no Ensino Fundamental. Para tanto, a BNCC adota um conjunto de pares de ideias fundamentais que articulam Aritmética, Álgebra, Geometria, Grandezas e Medidas, Probabilidade e Estatística, possibilitando a construção de uma visão integrada do conhecimento matemático. Tais pares — variação e constância; certeza e incerteza; movimento e posição; relações e inter-relações — constituem-se como eixos conceituais que orientam a progressão das aprendizagens e garantem a continuidade entre os diversos objetos de estudo. Não se configuram, portanto, como compartimentos isolados, mas como uma estrutura que privilegia a articulação entre ideias, favorecendo simultaneamente a compreensão teórica e a aplicação prática da Matemática em diferentes contextos. Nesse cenário, a Função Afim ocupa um lugar central no par variação e constância, pois expressa, de maneira simples e rigorosa, as situações em que uma grandeza se modifica de forma constante em relação a outra.

No interior dessa organização, a Função Afim ocupa papel de destaque ao compor o núcleo de habilidades associadas às funções polinomiais de 1º grau. A Função Afim não aparece de forma restrita ao eixo de Álgebra, mas atravessa diversas competências específicas da área de Matemática e suas Tecnologias, o que reforça seu caráter estruturante no Ensino Médio. Essa presença transversal evidencia a relevância desse objeto para o desenvolvimento do pensamento matemático e para a articulação entre diferentes campos do conhecimento.

Competência Específica 1 destaca a necessidade de interpretar situações reais, econômicas e sociais por meio da análise de variação de grandezas. Nesse horizonte, habilidades como a EM13MAT101 evidenciam a importância da Função Afim como modelo elementar para descrever relações lineares entre variáveis, pela análise de gráficos e de taxas de variação. Ainda nessa competência, a EM13MAT103 reforça a necessidade de compreender unidades de medida em contextos tecnológicos e científicos, aproximando a Função Afim de fenômenos da vida cotidiana e dos avanços da ciência.

Competência Específica 2 aproxima a Matemática dos desafios contemporâneos, evidenciando o papel das tecnologias digitais como mediadoras de análises, simulações e tomadas de decisão mais conscientes e responsáveis. A habilidade EM13MAT203, ao propor a criação de aplicativos, jogos ou planilhas, abre espaço para que a Função Afim seja explorada em contextos de finanças pessoais, controle de orçamentos e simulações.

Competência Específica 3 reforça a modelagem e a resolução de problemas, demandando do estudante uma argumentação lógica e consistente. Nesse contexto, a habilidade EM13MAT301 orienta a resolução de equações lineares simultâneas, enquanto a EM13MAT302 propõe a elaboração e solução de situações-problema modeladas por

funções polinomiais de primeiro grau. Nessa perspectiva, a Função Afim se consolida como ferramenta central na articulação entre Aritmética, Álgebra e Geometria, estabelecendo conexões que transcendem o domínio puramente algébrico e alcançam o campo das interpretações geométricas e das aplicações reais.

Competência Específica 4 coloca em primeiro plano os diferentes registros de representação. A habilidade EM13MAT401 destaca a importância da conversão entre os registros algébrico e gráfico, permitindo ao estudante diferenciar as relações de proporcionalidade das funções afins em sentido estrito. Já a EM13MAT405 estende essa compreensão para funções definidas por sentenças múltiplas, como aquelas que representam tarifas públicas, nas quais diferentes expressões algébricas descrevem faixas ou condições específicas de variação.

Competência Específica 5 valoriza a investigação e a construção de conjecturas. A habilidade EM13MAT501 solicita que os estudantes reconheçam padrões em tabelas e os generalizem como funções de 1º grau; a EM13MAT507 explicita a relação entre progressões aritméticas e funções afins de domínio discreto; e a EM13MAT510 convoca a análise de dados bivariados com ajuste de reta. Com efeito, a Função Afim perpassa a investigação de padrões, a análise de dados e a dedução de fórmulas, consolidando-se como eixo estruturante da formação matemática no Ensino Médio.

Em síntese, o mapeamento das competências e habilidades da BNCC revela que a Função Afim não deve ser tratada como um conteúdo pontual, mas como um núcleo articulador de múltiplas aprendizagens, conforme sistematizado no Quadro 2.1. Sua presença se estende da leitura de fenômenos cotidianos à modelagem de situações complexas, exigindo a coordenação entre diferentes registros de representação e estimulando a atitude investigativa. Essa centralidade justifica, portanto, a escolha da Função Afim como objeto de intervenção pedagógica nesta dissertação, por reunir potencial formativo, coerência conceitual e relevância curricular.

Quadro 2.1 – Competências, habilidades da BNCC e implicações pedagógicas da Função Afim no Ensino Médio

Competência	Habilidade (BNCC)	Implicação pedagógica
Comp. Esp. 1 Interpretação de situações	EM13MAT101: Interpretar situações que envolvem a variação de grandezas pela análise de gráficos e taxas de variação. EM13MAT103: Compreender o uso de diferentes unidades de medida em contextos tecnológicos e científicos.	Função Afim como modelo elementar para analisar relações lineares; favorece a leitura crítica de fenômenos sociais, econômicos e científicos.
Comp. Esp. 2 Ações investigativas e sociais	EM13MAT203: Criar e utilizar aplicativos, jogos, planilhas e simuladores para aplicar conceitos matemáticos.	Justifica o uso pedagógico de tecnologias digitais; legitima o desenvolvimento de aplicativos como o *Conversor Afim.*
Comp. Esp. 3 Modelagem e resolução de problemas	EM13MAT301: Resolver e elaborar problemas com equações lineares simultâneas. EM13MAT302: Resolver e elaborar problemas modelados por funções de 1º grau.	Centralidade da Função Afim como ferramenta de modelagem; articula Aritmética, Álgebra e Geometria em problemas contextualizados.
Comp. Esp. 4 Registros de representação	EM13MAT401: Converter representações algébricas em gráficas (e vice-versa). EM13MAT405: Reconhecer funções definidas por sentenças múltiplas (como tarifas públicas).	Função Afim como primeiro objeto para desenvolver a conversão entre registros; promove compreensão crítica de situações tarifárias reais.
Comp. Esp. 5 Investigação e conjectura	EM13MAT501: Reconhecer padrões em tabelas e generalizar como função de 1º grau. EM13MAT507: Relacionar progressões aritméticas a funções afins de domínio discreto. EM13MAT510: Investigar dados bivariados e ajustar reta para descrever relações.	Função Afim como núcleo de atividades investigativas; favorece a generalização, análise de dados e dedução de fórmulas.

Fonte: Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018)

Além da centralidade da Função Afim, outro eixo transversal destacado pela BNCC diz respeito ao papel das tecnologias digitais no processo de ensino e aprendizagem da Matemática. Cabe observar que o documento não as trata como recursos acessórios, mas como mediadores essenciais da formação contemporânea. Nesse horizonte, pode-se sintetizar o lugar das tecnologias da seguinte forma:

O papel das tecnologias digitais, conforme delineado pela BNCC, é mais amplo do que um simples recurso instrumental. Trata-se de um eixo estruturante do próprio processo

educativo, pois se vinculam diretamente à formação integral do estudante e à sua inserção crítica no mundo contemporâneo.

Nas Competências Gerais

A BNCC enfatiza que as tecnologias digitais devem ser compreendidas, utilizadas e produzidas de modo crítico, significativo, reflexivo e ético. Isso significa que o foco não está apenas no domínio técnico das ferramentas, mas em sua apropriação consciente em diferentes práticas sociais — dentro e fora da escola — para comunicar-se, acessar e compartilhar informações, construir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria. Essa orientação anuncia um horizonte de formação cidadã no qual o estudante deixa de ocupar o papel de mero consumidor e passa a atuar como sujeito ativo, criador e responsável no contexto da cultura digital.

Na Área de Matemática e suas Tecnologias

No campo da Matemática, as tecnologias aparecem como mediadoras do pensamento computacional, do desenvolvimento de estratégias de resolução de problemas e da formulação de modelos. A BNCC propõe que, desde os anos iniciais, o estudante tenha contato com calculadoras e planilhas, expandindo gradualmente esse repertório para incluir softwares de geometria dinâmica, aplicativos de estatística, simulações e outras ferramentas digitais. O propósito é articular os conceitos matemáticos à experimentação tecnológica, promovendo a visualização, a formulação de conjecturas e a validação de resultados — elementos essenciais para uma aprendizagem ativa e investigativa da Matemática.

Nas Competências Específicas de Matemática no Ensino Médio

O texto é incisivo ao prever o uso das tecnologias em múltiplos objetivos de aprendizagem:

- Investigar e estabelecer conjecturas com apoio de experimentações digitais, compreendendo quando se faz necessária uma demonstração formal.
- Interpretar variações entre grandezas (como nas funções afins) por meio de gráficos e taxas de variação, com ou sem suporte digital (EM13MAT101).
- Resolver e elaborar problemas com equações e funções polinomiais de 1º e 2º graus, usando técnicas algébricas, gráficas e recursos digitais (EM13MAT301 e EM13MAT302).
- Comparar funções mais complexas (exponenciais, logarítmicas, trigonométricas) articulando representações gráficas e tecnológicas (EM13MAT403, EM13MAT404).

- Investigar dados reais com apoio das tecnologias da informação, empregando regressões e retas de ajuste (EM13MAT510).

Síntese Reflexiva

Assim, o papel das tecnologias digitais na BNCC é potencializar a aprendizagem matemática em três níveis:

1. Epistemológico – ao possibilitar diferentes formas de representação, visualização e validação de conjecturas.
2. Metodológico – ao favorecer experiências diversificadas que tornam a aprendizagem mais ativa, investigativa e conectada ao cotidiano.
3. Formativo – por favorecer o desenvolvimento da autoria, da autonomia e do pensamento crítico, preparando o estudante para interagir no mundo digital de maneira ética, criativa e socialmente responsável.

Em última instância, a BNCC não prescreve as tecnologias como acessórios opcionais, mas como condição de possibilidade para que o estudante de Matemática se torne protagonista na construção do próprio conhecimento e na participação social contemporânea.

Diante desse panorama, percebe-se que a BNCC não apenas consolida a Função Afim como objeto estruturante das aprendizagens matemáticas, mas também enfatiza o papel das tecnologias digitais como mediadoras indispensáveis no processo formativo. Nesse entrecruzamento, torna-se oportuno avançar para o exame do conceito, das definições e das propriedades da Função Afim, de modo a evidenciar sua relevância conceitual e didática.

2.2 O objeto matemático Função Afim

Evolução histórica e conceitual

A reconstrução histórica do conceito de função, tal como analisada por Silva (2020), mostra que esse objeto matemático foi sendo enriquecido por diferentes perspectivas ao longo do tempo. A noção de função não surgiu de forma acabada, mas foi construída progressivamente. Em um primeiro momento, evidencia-se a ideia de correspondência entre grandezas, ainda sem a formalização moderna. Os babilônios, por exemplo, registravam em tábuas relações numéricas que expressavam vínculos práticos entre medidas, sem, contudo, configurarem ainda um conceito matemático sistemático.

O passo seguinte foi a incorporação da dependência entre variáveis. Oresme e Galilei, ao analisar fenômenos ligados ao movimento e à velocidade, reconheceram que certas grandezas variavam em função de outras. A função passa, então, a ser concebida como relação de variação, o que representou avanço decisivo em relação às correspondências estáticas anteriores. Com Oresme também surge o germe da representação gráfica: valores

associados a grandezas foram descritos em diagramas que antecipavam o plano cartesiano, abrindo caminho para que a função fosse igualmente interpretada no registro geométrico.

A consolidação da expressão algébrica como linguagem privilegiada remonta a Viète e Leibniz, que introduziram símbolos e notações gerais, possibilitando um tratamento mais sistemático das relações matemáticas. O salto decisivo, contudo, ocorre com Euler, ao propor a notação funcional $f(x)$, atribuindo à função um estatuto próprio e autonomia conceitual. No século XIX, Dirichlet aprofunda essa perspectiva ao definir a função como um conjunto de pares ordenados, formalizando a ideia de que a cada elemento do domínio corresponde exatamente um elemento do contradomínio. Posteriormente, o movimento bourbakista consolida esse avanço ao reforçar o enquadramento axiomático, incorporando a função como um objeto definido por propriedades estruturais no âmbito da teoria dos conjuntos.

O conceito de função pode ser compreendido como uma noção multifacetada que articula diferentes perspectivas. Historicamente, consolidou-se como correspondência entre grandezas e, mais tarde, como dependência entre variáveis, em que a determinação de uma implica a variação da outra (Silva, 2020; Santos, 2004). Esse vínculo pode ser descrito de diversas formas, seja por regularidades e padrões observados, que servem de ponto de partida para a abstração, seja pela generalização, que permite ultrapassar casos particulares e chegar à formalização algébrica (Santos, 2004; Santos; Barbosa, 2017).

A linguagem algébrica expressa essa relação de maneira sintética, apoiada pela notação $f(x)$, enquanto o conjunto de pares ordenados e a estrutura axiomática conferem rigor e abstração ao conceito (Silva, 2020). Contudo, reduzir a função apenas à sua definição formal é insuficiente, pois o conceito se revela em diferentes registros (Silva, 2020; Santos; Barbosa, 2017). Entre essas representações destacam-se a tabela, a máquina de transformação, o diagrama de setas, a expressão algébrica, a generalização, o gráfico e a própria definição formal. Cada representação evidencia um aspecto particular do conceito: a tabela organiza valores de entrada e saída; a máquina evidencia o processo de transformação; o diagrama torna explícitos o domínio, o contradomínio e as propriedades de injetividade; a expressão algébrica sintetiza a relação de dependência; a generalização revela padrões e regularidades; o gráfico possibilita a visualização da variação; e a definição formal consolida os critérios de univalência. Sob o olhar pedagógico, essas representações precisam ser articuladas de maneira intencional, permitindo que o estudante percorra diferentes registros e desenvolva uma compreensão integrada e significativa do conceito de função.

A centralidade da função no pensamento matemático decorre exatamente dessa multiplicidade: ela organiza ideias de variação, interdependência e proporcionalidade (Kuhn; Lima, 2021), podendo ser explorada em múltiplos registros. O uso de tecnologias digitais, como tablets e aplicativos de simulação, amplia essa exploração, tornando visível a variabilidade em tempo real e favorecendo práticas pedagógicas mais interativas (Nascimento, 2014). Assim, o conceito de função integra correspondência, dependência, regularidade,

generalização e representação, constituindo-se como um dos eixos estruturantes da matemática escolar e fundamento para o estudo da Função Afim, foco deste trabalho, conforme sintetizado no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 – Ideias constitutivas do conceito de função por autor

Silva (2020)	Correspondência entre grandezas; Dependência entre variáveis; Representações múltiplas; Expressão algébrica e notação $f(x)$; Conjunto de pares ordenados; Estrutura axiomática.
Santos (2004)	Regularidades e padrões; Variáveis; Dependência entre variáveis; Correspondência unívoca; Generalização.
Santos e Barbosa (2017)	Variabilidade de formas de comunicação; Tabela; Máquina de transformação; Diagrama de setas; Expressão algébrica; Generalização; Gráfico; Definição formal; Articulação entre registros.
Kuhn e Lima (2021)	Variação; Interdependência; Proporcionalidade.
Nascimento (2014)	Relação explorável em múltiplos registros; Simulação e interatividade; Tecnologias digitais para evidenciar variabilidade e dependência.

Fonte: Elaboração própria segundo diferentes autores.

Após essa trajetória histórica e conceitual do objeto função, voltamo-nos agora para a Função Afim, caso particular de grande relevância no ensino. Definida por $f(x) = ax + b$, com $a, b \in \mathbb{R}$, ela expressa de modo simples a ideia de taxa de variação e valor inicial, permitindo leituras algébricas, geométricas e aplicadas. É a partir desse recorte que prosseguiremos a análise.

Definições básicas

Definição 1 (Função, domínio, contradomínio e imagem). Sejam A, B conjuntos não vazios. Uma função $f : A \to B$ é uma regra que associa a cada $x \in A$ um único elemento $y \in B$, denotado $y = f(x)$. O conjunto A é o domínio; B é o contradomínio; a imagem é o subconjunto

$$f(A) = \{\, f(x) : x \in A \,\} \subseteq B.$$

Formalmente: $\forall x \in A,\ \exists!\, y \in B$ tal que $y = f(x)$.

Função Afim

Definição 2 (Função Afim). Diz-se que $f : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ é afim quando existem $a, b \in \mathbb{R}$ tais que

$$f(x) = ax + b, \quad \forall x \in \mathbb{R}.$$

O número a é denominado coeficiente a no contexto algébrico, coeficiente angular no contexto geométrico e *taxa de variação* em aplicações. Já o número b é conhecido como coeficiente b ou termo independente no contexto algébrico, coeficiente linear no contexto geométrico e *valor inicial* em aplicações.

Casos particulares da Função Afim

- Se $a \neq 0$ e $b \neq 0$ – *Função Afim Geral*: $f(x) = ax + b$.
- Se $a \neq 0$ e $b = 0$ – *Função Linear*: $f(x) = ax$.
  - Se $a = 1$ e $b = 0$ – *Função Identidade*: $f(x) = x$.
- Se $a = 0$ e $b \neq 0$ – *Função Constante*: $f(x) = b$.
  - Se $a = 0$ e $b = 0$ – *Função Nula*: $f(x) = 0$.

Propriedades

Proposição 1 (Linearidade da diferença)

Se $f(x) = ax + b$, então

$$f(x) - f(y) = a(x - y), \quad \forall x, y \in \mathbb{R}.$$

Demonstração:

Partimos da definição: para quaisquer $x, y \in \mathbb{R}$, $f(x) = ax + b$ e $f(y) = ay + b$. Subtraindo as duas igualdades membro a membro, obtemos

$$f(x) - f(y) = (ax + b) - (ay + b).$$

Agrupamos termos semelhantes: primeiro os que contêm a e depois os termos livres. Como $+b - +b = 0$, resulta

$$f(x) - f(y) = ax - ay = a(x - y),$$

em que, na última igualdade, fatorizamos a por distributividade. Nenhuma hipótese adicional além da forma afim foi usada. □

Proposição 2 (Afim ⇒ taxa de variação constante)

Se $f(x) = ax + b$, então para quaisquer $x \in \mathbb{R}$ e $h \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$ vale

$$\frac{f(x + h) - f(x)}{h} = a.$$

Demonstração:

Pela definição, $f(x + h) = a(x + h) + b = ax + ah + b$ e $f(x) = ax + b$. Subtraindo: $f(x + h) - f(x) = (ax + ah + b) - (ax + b) = ah$. Como $h \neq 0$, podemos dividir por h, obtendo

$$\frac{f(x + h) - f(x)}{h} = \frac{ah}{h} = a.$$

Note que a dedução não depende do ponto x, apenas de a; logo a taxa é constante. □

Proposição 3 (Taxa constante ⇒ afim)

Se existe $a \in \mathbb{R}$ tal que, para todos $x \in \mathbb{R}$ e $h \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$,

$$\frac{f(x+h) - f(x)}{h} = a,$$

então existe $b \in \mathbb{R}$ com $f(x) = ax + b$ para todo $x \in \mathbb{R}$.

Demonstração:

Fixe um ponto arbitrário $x_0 \in \mathbb{R}$ (essa escolha é livre). Defina $b := f(x_0) - ax_0$. Seja agora um $x \in \mathbb{R}$ qualquer. Escreva $x = x_0 + h$ com $h := x - x_0$. Aplicando a hipótese com esse h (observe que se $x = x_0$ então $h = 0$; nesse caso usamos o limite pela continuidade algébrica do passo final, ou tratamos separadamente o caso trivial $x = x_0$):

$$\frac{f(x_0 + h) - f(x_0)}{h} = a \;\Rightarrow\; f(x) - f(x_0) = a(x - x_0).$$

Isolando $f(x)$,

$$f(x) = a(x - x_0) + f(x_0) = ax + \Big(f(x_0) - ax_0\Big) = ax + b.$$

Como x é arbitrário, vale para todo $x \in \mathbb{R}$. Logo f é afim com parâmetros a (o da hipótese) e b definido acima. □

Corolário 1 (Derivada constante em intervalos)

Se f é derivável num intervalo $I \subseteq \mathbb{R}$, então f é afim em I se e somente se existe $a \in \mathbb{R}$ tal que $f'(x) = a$ para todo $x \in I$.

Demonstração:

("Se") Se f é afim $ax + b$, então a derivada, quando definida, é a constante a. ("Só se") Se $f'(x) = a$ em I, então a taxa média em qualquer subintervalo coincide com a (pelo Teorema do Valor Médio), logo a proposição anterior aplica-se localmente e $f(x) = ax + b$ em I. □

Proposição 4 (Determinação por dois pontos)

Se $x_1 \neq x_2$ e $y_i = f(x_i)$ $(i = 1, 2)$, então f é unicamente determinada por

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \qquad b = y_1 - ax_1 = \frac{x_2 y_1 - x_1 y_2}{x_2 - x_1}.$$

Demonstração:

As igualdades $y_1 = ax_1 + b$ e $y_2 = ax_2 + b$ formam um sistema linear em a, b. Subtraindo a primeira da segunda, obtemos

$$y_2 - y_1 = a(x_2 - x_1) \;\Rightarrow\; a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1},$$

onde usamos $x_2 \neq x_1$ para garantir que o denominador é não nulo. Substituindo a em $y_1 = ax_1 + b$, isolamos $b = y_1 - ax_1$. A forma simétrica de b resulta de

$$b = y_1 - ax_1 = y_1 - \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}\, x_1 = \frac{y_1(x_2 - x_1) - (y_2 - y_1)x_1}{x_2 - x_1} = \frac{x_2 y_1 - x_1 y_2}{x_2 - x_1}.$$

A unicidade segue de que dois pares (a, b) distintos definiriam funções diferentes. □

Teorema 1 (Gráfico: reta não vertical).

O gráfico de $f(x) = ax + b$ é uma reta não vertical. Reciprocamente, toda reta não vertical é gráfico de alguma Função Afim.

Demonstração:

($\Rightarrow$) Sejam três pontos distintos no gráfico, (x_i, y_i) com $y_i = f(x_i) = ax_i + b$ e $x_1 < x_2 < x_3$. Então

$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{(ax_2 + b) - (ax_1 + b)}{x_2 - x_1} = \frac{a(x_2 - x_1)}{x_2 - x_1} = a, \qquad \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} = a.$$

Logo as inclinações nos dois subsegmentos coincidem; isso caracteriza colinearidade dos três pontos, portanto o gráfico é um subconjunto de uma única reta. Não há verticalidade porque para cada x há um único y (função), e retas verticais teriam dois (ou nenhum) y para um mesmo x. ($\Leftarrow$) Dada uma reta não vertical, sua equação pode ser escrita na forma explícita $y = ax + b$ para únicos a, b (coeficiente angular e ordenada na origem). A associação $x \mapsto ax + b$ define a função cujo gráfico é exatamente essa reta. □

Corolário 2 (Interseções e zero)

A interseção com O_y é $(0, b)$. Se $a \neq 0$, há um único zero $x_0 = -\dfrac{b}{a}$, e a interseção com O_x é $\left(-\frac{b}{a}, 0\right)$.

Demonstração:

Basta avaliar $f(0) = b$. Para o zero, resolver $ax + b = 0$ dá $x = -b/a$ (possível pois $a \neq 0$). A unicidade decorre da injetividade. □

Proposição 5 (Monotonicidade)

Se $a > 0$, f é estritamente crescente; se $a < 0$, estritamente decrescente; se $a = 0$, é constante.

Demonstração:

Se $x_2 > x_1$, então $x_2 - x_1 > 0$. Da Proposição de linearidade da diferença,

$$f(x_2) - f(x_1) = a(x_2 - x_1).$$

Logo o sinal de $f(x_2) - f(x_1)$ coincide com o sinal de a: positivo se $a > 0$ (cresce), negativo se $a < 0$ (decresce). Se $a = 0$, a igualdade dá $f(x_2) - f(x_1) = 0$ para quaisquer x_1, x_2, isto é, f é constante. □

Proposição 6 (Injetividade)

A função afim $f(x) = ax + b$ é injetiva se e somente se $a \neq 0$.

Demonstração:

($\Rightarrow$) Se $a = 0$, então $f(x) = b$ para todo x, logo $f(x) = f(y)$ mesmo quando $x \neq y$; portanto não é injetiva. ($\Leftarrow$) Se $a \neq 0$ e $f(x) = f(y)$, então

$$ax + b = ay + b \;\Rightarrow\; ax = ay \;\Rightarrow\; a(x - y) = 0.$$

Como $a \neq 0$, segue $x - y = 0$, isto é, $x = y$. Logo é injetiva. □

Proposição 7 (Imagem)

(i) Se $a \neq 0$, então $\mathrm{Im}(f) = \mathbb{R}$.

(ii) Se $a = 0$, então $\mathrm{Im}(f) = \{b\}$.

(iii) Se o domínio é um intervalo fechado $A = [\alpha, \beta]$, então

$$f(A) = [\min\{f(\alpha), f(\beta)\},\ \max\{f(\alpha), f(\beta)\}].$$

Demonstração:

(i) Seja $y \in \mathbb{R}$ arbitrário. Como $a \neq 0$, a equação $y = ax + b$ tem solução única $x = (y - b)/a \in \mathbb{R}$; portanto todo y é imagem de algum x.

(ii) Se $a = 0$, então $f(x) = b$ para todo x, de modo que a imagem é o conjunto unitário $\{b\}$.

(iii) Se $a > 0$, pela Proposição 2.5 f é crescente e envia extremos em extremos preservando a ordem; assim $f([\alpha, \beta]) = [f(\alpha), f(\beta)]$. Se $a < 0$, f é decrescente e inverte a ordem, obtendo-se $[f(\beta), f(\alpha)]$. □

Teorema 2 (Inversa)

Se $a \neq 0$, então $f : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ é bijetiva e sua inversa é

$$f^{-1} : \mathbb{R} \to \mathbb{R}, \qquad f^{-1}(y) = \frac{y - b}{a}.$$

Demonstração:

A injetividade já foi estabelecida; a sobrejetividade segue do item (i) acima. Dada a bijetividade, para cada y há único x com $y = ax + b$; isolando x obtemos $x = (y - b)/a$. Verifica-se diretamente que $f^{-1}(f(x)) = x$ e $f(f^{-1}(y)) = y$. □

Proposição 8 (Composição)

Se $f(x) = ax + b$ e $g(x) = cx + d$, então

$$(f \circ g)(x) = a\Big(g(x)\Big) + b = a(cx + d) + b = (ac)x + (ad + b),$$

logo $f \circ g$ é afim.

Demonstração:

Substituição direta de $g(x)$ em f e distributividade de a. □

Proposição 9 (Combinação linear)

Se $f_1(x) = a_1x + b_1$ e $f_2(x) = a_2x + b_2$ e $\lambda, \mu \in \mathbb{R}$, então

$$(\lambda f_1 + \mu f_2)(x) = \lambda(a_1x + b_1) + \mu(a_2x + b_2) = (\lambda a_1 + \mu a_2)x + (\lambda b_1 + \mu b_2)$$

é afim.

Demonstração:

A igualdade resulta da distributividade de λ e μ e da propriedade associativa/comutativa da soma em $\mathbb{R}$. □

Proposição 10 (Decomposição)

Qualquer afim se escreve como composição de uma linear e uma translação vertical:

$$f = T_b \circ L_a, \qquad L_a(x) = ax, \qquad T_b(y) = y + b.$$

Demonstração:

Aplicação direta: $(T_b \circ L_a)(x) = T_b(ax) = ax + b = f(x)$. □

Proposição 11 (Paralelismo, coincidência e concorrência)

Se $f(x) = ax + b$ e $g(x) = a'x + b'$, então:

- (paralelas) $a = a'$ e $b \neq b'$;
- (coincidem) $a = a'$ e $b = b'$;
- (concorrentes) se $a \neq a'$, intersectam-se no único ponto cuja abscissa é $x^* = \dfrac{b' - b}{a - a'}$.

Demonstração:

O(s) ponto(s) em comum satisfaz(em) $ax + b = a'x + b'$. Se $a = a'$, a igualdade reduz-se a $b = b'$: ou coincidem (mesmo b) ou são paralelas ($b \neq b'$) sem solução. Se $a \neq a'$, isolando x obtemos $(a - a')x = b' - b \Rightarrow x = (b' - b)/(a - a')$, único por $a \neq a'$. □

Proposição 12 (Ângulo de inclinação (mesma escala nos eixos))

Com a mesma escala em O_x e O_y, se a reta do gráfico faz ângulo α com O_x, então $a = \tan\alpha$.

Demonstração:

Tomemos dois pontos distintos do gráfico, (x_1, y_1) e (x_2, y_2) com $x_2 \neq x_1$. O triângulo retângulo formado pelos catetos $|x_2 - x_1|$ (horizontal) e $|y_2 - y_1|$ (vertical) tem tangente do ângulo α dada por $\tan\alpha = \dfrac{|y_2 - y_1|}{|x_2 - x_1|}$. Como a escala é a mesma, o sinal de $\tan\alpha$ coincide com o sinal de $\dfrac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$, que é precisamente o coeficiente a da reta $y = ax + b$. □

Proposição 13 (Sequência gerada por afim)

Se $f(n) = an + b$ com $n \in \mathbb{N}$ (ou $n \in \{0, 1, \ldots, N\}$), então $(f(n))$ é uma PA de razão a.

Demonstração:

Para todo n, $f(n+1) - f(n) = a(n+1) + b - (an + b) = a$, constante. Logo é PA com passo a. □

Proposição 14 (Imagem de PA por afim)

Se (u_n) é PA de razão r e $h(x) = \alpha x + \beta$, então $(h(u_n))$ é PA de razão αr.

Demonstração:

Temos $h(u_{n+1}) - h(u_n) = \alpha u_{n+1} + \beta - (\alpha u_n + \beta) = \alpha(u_{n+1} - u_n) = \alpha r$, constante. □

Após enunciar as definições e propriedades da Função Afim, é mister indicar a utilidade prática de cada proposição para uma compreensão aprofundada desse objeto matemático.

Nesse movimento, apresentaremos os tópicos e como eles se revelam úteis ao processo de ensino, seguidos da ilustração de sua aplicação em situações concretas.

Propriedade: Linearidade da diferença

Enunciado: Para a função afim $f(x) = ax + b$, vale a propriedade da linearidade da diferença:

$$f(x) - f(y) = a(x - y), \quad \forall x, y \in \mathbb{R}.$$

Utilidade: Mostra que a diferença entre imagens depende apenas da diferença entre as abscissas, reforçando a homogeneidade do comportamento da função.

Exemplo:

Problema: Um serviço de streaming cobra $f(m) = 20m + 15$, em que m é o número de meses de assinatura e $f(m)$ é o valor total pago (em reais). *Qual a diferença de gasto entre um cliente que assinou por 8 meses e outro que assinou por 5 meses?*

Resolução: Pela propriedade da linearidade da diferença, temos:

$$f(8) - f(5) = 20(8 - 5) = 60.$$

Resposta: A diferença de gasto entre os dois clientes é de R$ 60,00.

Propriedade: Taxa de variação constante

Enunciado: Se $f(x) = ax + b$, então para quaisquer $x \in \mathbb{R}$ e $h \neq 0$ vale

$$\frac{f(x + h) - f(x)}{h} = a.$$

Utilidade: Explicita a característica central da Função Afim: a taxa de variação é constante e depende apenas do coeficiente a, não do ponto considerado.

Exemplo:

Problema: Um tanque contém inicialmente 1000 litros de água e esvazia segundo a função $f(t) = 1000 - 50t$, em que t é o tempo em horas. *Daqui a 10 horas, qual será a taxa de esvaziamento do tanque?*

Resolução: Pela propriedade da taxa de variação constante, a taxa não muda: ela é sempre -50 litros por hora.

Resposta: Após 10 horas, a taxa de esvaziamento é de -50 litros por hora.

Propriedade: Determinação por dois pontos

Enunciado: Se $x_1 \neq x_2$ e $y_i = f(x_i)$ $(i = 1, 2)$, então a função afim é unicamente determinada por

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \qquad b = y_1 - ax_1.$$

Utilidade: Mostra que dois pontos distintos são suficientes para determinar a Função Afim, reforçando a conexão entre sua forma algébrica e a representação geométrica como reta.

Exemplo:

Problema: O custo de aluguel de um carro é de R$ 80 para 2 horas de uso e de R$ 140 para 5 horas. *Qual é a função que relaciona o custo ao tempo de uso?*

Resolução: Pela propriedade da determinação por dois pontos, temos:

$$a = \frac{140 - 80}{5 - 2} = \frac{60}{3} = 20, \quad b = 80 - 20 \cdot 2 = 40.$$

Resposta: A função que relaciona o custo ao tempo é $f(x) = 20x + 40$.

Propriedade: Gráfico como reta não vertical

Enunciado: O gráfico de $f(x) = ax + b$ é uma reta não vertical. Reciprocamente, toda reta não vertical pode ser escrita na forma $y = ax + b$.

Utilidade: Consolida a intuição visual de que toda Função Afim é representada por uma reta, e toda reta não vertical pode ser descrita por uma função afim. Esse duplo caminho, analítico e geométrico, é essencial para a conversão entre registros.

Exemplo:

Problema: O lucro de uma empresa é modelado por $L(x) = 8x - 40$, em que x representa a quantidade de produtos vendidos. *Qual é a forma do gráfico dessa função?*

Resolução: Pela propriedade do gráfico da função afim, $L(x) = 8x - 40$ é representado por uma reta não vertical.

Resposta: O gráfico de $L(x)$ é uma reta que cruza os eixos cartesianos.

Propriedade: Interseções e zero

Enunciado: O gráfico de $f(x) = ax + b$ intercepta o eixo das ordenadas em $(0, b)$. Se $a \neq 0$, possui ainda um único zero em $x_0 = -\frac{b}{a}$. Nos casos particulares:

- Se $a = 0$ e $b \neq 0$, não há zero (reta horizontal fora da origem).
- Se $a = 0$ e $b = 0$, a reta coincide com o eixo Ox (função nula).

Utilidade: Facilita a leitura do gráfico e a interpretação de resultados: b é o valor inicial no eixo Oy, enquanto $-b/a$ fornece a raiz da função, quando existe.

Exemplo:

Problema: Um prestador de serviços cobra $f(x) = 50x + 100$, em que x é o número de horas trabalhadas e $f(x)$ o valor a pagar. *Quais são as interseções da função com os eixos cartesianos?*

Resolução: A interseção com Oy ocorre em $(0, b) = (0, 100)$. Como $a = 50 \neq 0$, há um zero em $x_0 = -\frac{100}{50} = -2$.

Resposta: O gráfico intercepta o eixo Oy em $(0, 100)$ e o eixo Ox em $(-2, 0)$.

Propriedade: Monotonicidade

Enunciado: Para $f(x) = ax + b$:

- Se $a > 0$, a função é estritamente crescente.
- Se $a < 0$, a função é estritamente decrescente.
- Se $a = 0$, a função é constante.

Utilidade: Estabelece a relação direta entre o sinal do coeficiente a e o comportamento de crescimento ou decrescimento da função, favorecendo interpretações qualitativas sem cálculos extensos.

Exemplo:

Problema: O preço de venda de um produto é dado por $P(x) = -5x + 200$, em que x representa a quantidade ofertada. *A função é crescente ou decrescente?*

Resolução: Como $a = -5 < 0$, pela propriedade a função é estritamente decrescente.

Resposta: O preço diminui à medida que a quantidade aumenta, logo a função é decrescente.

Propriedade: Injetividade

Enunciado: A função afim $f(x) = ax + b$ é injetiva se, e somente se, $a \neq 0$.

Utilidade: Na prática, a injetividade impede que dois valores diferentes de x resultem no mesmo valor de $f(x)$.

Exemplo:

Problema: Um móvel percorre uma trajetória segundo $s(t) = 5t + 10$, em que t é o tempo em horas e $s(t)$ a distância em quilômetros. *É possível que em dois instantes diferentes o móvel esteja na mesma posição?*

Resolução: Como $a = 5 \neq 0$, pela propriedade a função é injetiva. Logo, dois valores distintos de t não podem gerar a mesma posição $s(t)$.

Resposta: Não, a cada instante de tempo corresponde uma posição única, e não há repetição de valores de $s(t)$.

Propriedade: Imagem

Enunciado: Para $f(x) = ax + b$:

- Se $a \neq 0$, então $\text{Im}(f) = \mathbb{R}$.
- Se $a = 0$, então $\text{Im}(f) = \{b\}$.
- Se o domínio é um intervalo fechado $[\alpha, \beta]$, então $\text{Im}(f) = [\min\{f(\alpha), f(\beta)\}, \max\{f(\alpha), f(\beta)\}]$.

Utilidade: Na prática, a propriedade da imagem mostra quais valores a função pode ou não assumir.

Exemplo:

Problema: A receita de uma empresa é dada por $R(x) = 200x+500$, em que x representa o número de produtos vendidos. Suponha que a empresa só consiga vender entre 0 e 100 unidades. *Quais são os possíveis valores da receita?*

Resolução: O domínio é $[0, 100]$. Pela propriedade da imagem:

$$R(0) = 500, \quad R(100) = 20\,500.$$

Logo, $\mathrm{Im}(R) = [500, 20\,500]$.

Resposta: A receita varia apenas entre R$ 500,00 e R$ 20.500,00, nunca assumindo valores fora desse intervalo.

Propriedade: Inversa

Enunciado: Se $a \neq 0$, a função afim $f(x) = ax + b$ é bijetiva e sua inversa é

$$f^{-1}(y) = \frac{y - b}{a}.$$

Utilidade: A inversa permite "voltar atrás" no modelo, isto é, descobrir o valor da variável de entrada a partir de um resultado observado.

Exemplo:

Problema: O preço de um ingresso é dado por $P(q) = 2q + 10$, em que q é a quantidade de ingressos comprados e $P(q)$ o valor total pago. *Se uma pessoa gastou R$ 46, quantos ingressos ela comprou?*

Resolução: Pela propriedade da inversa:

$$q = f^{-1}(46) = \frac{46 - 10}{2} = \frac{36}{2} = 18.$$

Resposta: A pessoa comprou 18 ingressos.

Propriedade: Composição e combinação linear

Enunciado: Se $f_1(x) = a_1x + b_1$ e $f_2(x) = a_2x + b_2$, então:

$$(f_1 \circ f_2)(x) = a_1(a_2x + b_2) + b_1 = (a_1a_2)x + (a_1b_2 + b_1),$$

e, para $\lambda, \mu \in \mathbb{R}$,

$$(\lambda f_1 + \mu f_2)(x) = (\lambda a_1 + \mu a_2)x + (\lambda b_1 + \mu b_2),$$

isto é, a composição e a combinação linear de funções afins também resultam em uma Função Afim.

Utilidade: Mostra que o conjunto das funções afins é estável sob operações naturais como a composição e a combinação linear. Na prática, isso significa que modelos distintos podem ser combinados ou encadeados sem perder a estrutura de função afim.

Exemplo:

Problema: Uma empresa tem dois setores. O primeiro gera lucro $f_1(x) = 3x + 100$ e o segundo $f_2(x) = 2x + 50$, em que x é o número de unidades produzidas. *Qual é a função que representa o lucro total da empresa?*

Resolução: Pela propriedade da combinação linear, o lucro total é dado por

$$f(x) = f_1(x) + f_2(x) = (3 + 2)x + (100 + 50) = 5x + 150.$$

Resposta: O lucro total da empresa é representado por $f(x) = 5x + 150$, uma função afim.

Propriedade: Decomposição

Enunciado: Qualquer função afim pode ser escrita como a composição de uma função linear $L_a(x) = ax$ com uma translação vertical $T_b(y) = y + b$:

$$f(x) = ax + b = (T_b \circ L_a)(x).$$

Utilidade: Mostra que toda função afim pode ser decomposta em duas transformações simples: um estiramento (ou compressão) pelo fator a e uma translação vertical pelo valor b. Essa visão facilita a interpretação geométrica e a aplicação em contextos de transformação de gráficos.

Exemplo:

Problema: Considere $f(x) = 2x + 3$. *Essa função pode ser descrita como a composição de uma função linear com uma translação vertical?*

Resolução: Pela propriedade da decomposição, temos $L_2(x) = 2x$ e $T_3(y) = y + 3$. Assim:

$$f(x) = (T_3 \circ L_2)(x) = T_3(2x) = 2x + 3.$$

Resposta: Sim, $f(x) = 2x + 3$ pode ser vista como a composição da função linear $L_2(x) = 2x$ com a translação vertical $T_3(y) = y + 3$.

Interpretação geométrica dos coeficientes

Para compreender melhor a situação anterior, abrimos aqui um parêntese para explicitar alguns aspectos da representação geométrica da Função Afim, em particular a interpretação do coeficiente angular e do coeficiente linear. Esses elementos, mais do que meros parâmetros algébricos, expressam propriedades essenciais do comportamento gráfico da função, possibilitando uma leitura precisa de sua inclinação e do deslocamento da reta em relação aos eixos cartesianos.

O coeficiente a, além de ser denominado coeficiente angular, pode ser interpretado geometricamente como a tangente do ângulo α que a reta $y = ax + b$ forma com o eixo Ox, quando se adota a mesma escala nos eixos cartesianos. Assim:

$$a = \tan \alpha.$$

Dessa forma, quanto maior $|a|$, mais inclinada é a reta; quanto menor $|a|$, mais próxima da horizontal. O sinal de a indica se a reta é crescente ($a > 0$) ou decrescente ($a < 0$). Essa interpretação também pode ser descrita como um estiramento (ou compressão) em relação ao eixo x, pois o coeficiente a atua como um *fator de escala* que deforma o gráfico:

- Se $|a| > 1$, ocorre um estiramento vertical (a inclinação aumenta).
- Se $0 < |a| < 1$, ocorre uma compressão vertical (a inclinação diminui).
- Se $a < 0$, há uma reflexão vertical, invertendo a orientação da reta.

O coeficiente b, por sua vez, representa geometricamente a ordenada na origem, isto é, o ponto $(0, b)$ em que a reta intercepta o eixo das ordenadas. Ele traduz o deslocamento vertical da reta, sendo positivo quando o intercepto está acima da origem e negativo quando está abaixo. Essa operação corresponde a uma translação vertical, entendida como o deslocamento do gráfico para cima (se $b > 0$) ou para baixo (se $b < 0$), sem alterar sua inclinação.

Esclarecidos esses aspectos geométricos dos coeficientes, retomamos a análise das propriedades da Função Afim.

Propriedade: Paralelismo, coincidência e concorrência

Enunciado: Se $f(x) = ax + b$ e $g(x) = a'x + b'$, então:

- Se $a = a'$ e $b \neq b'$, os gráficos são paralelos.
- Se $a = a'$ e $b = b'$, os gráficos coincidem.
- Se $a \neq a'$, os gráficos são concorrentes, isto é, interceptam-se em um único ponto de abscissa
$$x^* = \frac{b' - b}{a - a'}.$$

Utilidade: Possibilita analisar a posição relativa de duas retas no plano cartesiano, estabelecendo uma ponte entre a álgebra e a geometria. Tal propriedade é especialmente relevante para interpretar gráficos comparativos, identificar soluções de sistemas lineares e compreender visualmente as relações entre diferentes funções afins.

Exemplo:

Problema: Em um mercado, a função de demanda é $D(x) = -2x + 100$ e a função de oferta é $O(x) = 3x + 20$, em que x representa a quantidade do bem e o valor das funções corresponde ao preço. *Qual é o ponto de equilíbrio entre oferta e demanda?*

Resolução: Como $a = -2$ e $a' = 3$, temos $a \neq a'$, logo as retas são concorrentes. O ponto de equilíbrio é dado pela solução de $D(x) = O(x)$:

$$-2x + 100 = 3x + 20 \quad \Rightarrow \quad 80 = 5x \quad \Rightarrow \quad x^* = 16.$$

Substituindo em uma das funções:

$$D(16) = -2(16) + 100 = 68.$$

Resposta: O ponto de equilíbrio ocorre em $(16, 68)$, isto é, quando a quantidade negociada é 16 unidades e o preço é R$ 68,00.

Propriedade: Ângulo de inclinação

Enunciado: Com a mesma escala em Ox e Oy, se a reta $y = ax + b$ faz um ângulo α com o eixo Ox, então

$$a = \tan \alpha.$$

Utilidade: Permite interpretar o coeficiente angular a sob uma perspectiva trigonométrica, relacionando a Função Afim ao estudo de ângulos e triângulos. Essa correspondência amplia a compreensão do conceito de inclinação, ao mesmo tempo em que favorece a integração entre a álgebra, a geometria analítica e a trigonometria.

Exemplo:

Problema: Uma rampa é construída de modo que a cada metro na horizontal ela sobe 0,5 metro na vertical, sendo descrita por $f(x) = 0,5x$. *Qual é o ângulo de inclinação da rampa em relação ao solo?*

Resolução: Pela propriedade, o coeficiente angular é a tangente do ângulo:

$$a = \tan \alpha = 0,5 \quad \Rightarrow \quad \alpha = \arctan(0,5).$$

Logo, $\alpha \approx 26,57°$.

Resposta: O ângulo de inclinação da rampa em relação ao solo é aproximadamente $26,6°$.

Propriedade: Progressões aritméticas

Enunciado: Se $f(n) = an + b$ com $n \in \mathbb{N}$, então a sequência $(f(n))$ é uma progressão aritmética (PA) de razão a. Mas geralmente, se (u_n) é uma PA de razão r e $h(x) = \alpha x + \beta$, então a sequência $(h(u_n))$ também é uma PA, de razão αr.

Utilidade: Estabelece uma relação direta entre as funções afins e as sequências numéricas, evidenciando que toda Função Afim definida em $\mathbb{N}$ origina uma progressão aritmética.

Essa correspondência amplia o alcance do conceito, integrando o estudo das funções ao das sequências e das regularidades numéricas que estruturam diversos fenômenos matemáticos.

Exemplo:

Problema: Um trabalhador recebe um salário inicial de R$ 1.200,00 e um aumento fixo de R$ 100,00 por mês, descrito por $f(n) = 100n + 1200$, em que n é o número de meses após a contratação. *Qual é o valor do salário após 12 meses e que tipo de sequência é formada pelos salários mensais?*

Resolução: A função $f(n)$ é afim e definida em $\mathbb{N}$, logo gera uma progressão aritmética de razão $a = 100$. O salário no mês 12 é:

$$f(12) = 100 \cdot 12 + 1200 = 2400.$$

Resposta: Os salários mensais formam uma PA de razão 100, e após 12 meses o salário será de R$ 2.400,00.

2.3 Livros didáticos e a abordagem tecnológica-digital da Função Afim

No cenário educacional brasileiro, os livros didáticos desempenham papel central no processo de ensino e aprendizagem, especialmente em razão da amplitude do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), que em 2024 distribuiu mais de 194 milhões de exemplares às escolas públicas, promovendo o acesso e a equidade (Educação, 2024). Para além de uma política pública, essas obras configuram-se como referências pedagógicas estáveis: estruturam o currículo, oferecem múltiplas formas de representação — tabelas, gráficos, imagens e exercícios — e orientam tanto o planejamento docente quanto a aprendizagem dos estudantes, servindo-lhes de apoio conceitual e prático. Mesmo em tempos de educação híbrida, sua importância se mantém, atuando como âncoras curriculares e articulando-se progressivamente com recursos digitais . Assim, ao analisar a Função Afim, torna-se fundamental examinar como esses materiais a apresentam, que concepções privilegiam e de que modo integram (ou não) as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) em sua abordagem.

Foram selecionadas nove coleções de Matemática aprovadas no PNLD 2026 (Figura 2.1), todas disponíveis em formato digital (PDF). A escolha por essas obras justifica-se pelo fato de serem materiais atuais, alinhados às orientações mais recentes da BNCC e em circulação nas escolas brasileiras. As coleções analisadas são: *360° Matemática* – Joamir Souza (Editora FTD S.A.) (Souza, 2024); *Do Seu Jeito – Matemática* – Dante (Editora Ática S.A.) (Dante, 2023); *Identidade – Matemática* – Iezzi (Saraiva Educação S.A.) (Iezzi, 2023); *Matemática: Aprendendo e Resolvendo Problemas* – Longen (Editora do Brasil S.A.) (Longen; Curi; Araújo, 2023); *Matemática: Por Toda Parte* – Bonjorno (Editora FTD S.A.) (Bonjorno, 2022) ; *Moderna em Ação – Matemática* – Gay (Editora Moderna Ltda.) (Gay; Barroso; Oliveira, 2021); *Moderna Plus – Matemática* – Paiva (Editora Moderna

Ltda.) (Paiva, 2021); *Moderna SuperAção! Matemática* – Steigenberger (Editora Moderna Ltda.) (Steigenberger, 2024) ; e *Ser Protagonista: Matemática e suas Tecnologias* – Ferreira (Edições SM Ltda.) (Ferreira; Smole; Diniz, 2024).

Figura 2.1 – Livros analisados no estudo.

Fonte: PNLD (2026)

Quadro 2.3 – Mapeamento de uso de TDIC em Função Afim nos livros do PNLD 2026 (Parte 1)

Livro / Autor	TDIC mencionada	Momento do capítulo	Subtópico associado	Finalidade pedagógica
Ser Protagonista – Ferreira (SM)	Planilha eletrônica (Calc)	Exemplo resolvido (p. 69)	Gráfico da função afim (via tabela)	Construção de $f(x) = x + 1$, $-4 \leq x \leq 4$; integração entre registro tabular e gráfico
Ser Protagonista – Ferreira (SM)	Calculadora gráfica on-line (GeoGebra, Desmos)	Atividade investigativa (p. 90)	Gráfico da Função Afim	Construção e edição de gráficos; exploração investigativa; desenvolvimento da competência geral 5 (BNCC)
Moderna em Ação – Gay (Moderna)	Software de construção de gráficos	Atividade 58 (p. 76)	Função Afim e sua inversa; função identidade	Construir gráficos de função e inversa; comparar simetrias em relação à função identidade
Moderna em Ação – Gay (Moderna)	Software de construção de gráficos	Exemplo resolvido (p. 91)	Translação do gráfico da Função Afim (coeficiente linear b)	Visualizar como b desloca o gráfico da Função Afim no eixo das ordenadas
Moderna em Ação – Gay (Moderna)	Software de construção de gráficos	Atividade 27 (p. 93)	Função linear ($b = 0$) e Função Afim ($y = ax + b$)	Explorar variação de a e b; comparar linear × afim; elaborar texto argumentativo sobre observações gráficas
Moderna em Ação – Gay (Moderna)	Software de construção de gráficos	Atividade 33 (p. 96)	Comparação de funções afins; estudo do sinal; inequações lineares	Traçar $f(x) = -x + 1$ e $g(x) = \frac{1}{2}x + 1$; identificar em que $f(x) < g(x)$; montar e resolver a inequação e validar graficamente
Matemática Plus – Paiva (Moderna)	Planilha eletrônica	Atividade 63 (p. 179)	Construção de gráficos de colunas e setores a partir de tabela de produção	Explorar planilha para converter tabela em gráficos; integrar leitura de dados tabulares e representações visuais em contexto real de produção
Matemática Plus – Paiva (Moderna)	Planilha eletrônica	Atividade 65 (p. 179)	Organização de dados e produção de gráficos (pesquisa socioambiental)	Incentivar pesquisa escolar sobre racismo ambiental; usar planilha para organizar dados e produzir gráficos; elaborar relatório analítico

Fonte: Elaboração própria, a partir da análise de livros didáticos do PNLD 2026.

Quadro 2.4 – Mapeamento de uso de TDIC em Função Afim nos livros do PNLD 2026 (Parte 2)

Livro / Autor	TDIC mencionada	Momento do capítulo	Subtópico associado	Finalidade pedagógica
Matemática Plus – Paiva (Moderna)	Software de construção de gráficos	Conectado (p. 192)	Transformações da função afim: $y = ax + b \pm 3$ (translação vertical) e $y = a(x \pm 3) + b$ (translação horizontal); paralelismo	Investigar efeitos de a e b; descrever e generalizar deslocamentos (pensamento computacional/argumentação)
Matemática Plus – Paiva (Moderna)	Software de construção de gráficos	Conectado (p. 196)	Família de retas: condições de paralelismo, concorrência e coincidência	Relacionar coeficientes a, b, c, d com posições geométricas; explorar paralelismo, concorrência e coincidência em ambiente gráfico
360° Matemática – Joamir Souza (FTD)	GeoGebra	Exemplos e atividades "Você Conectado" (pp. 145–146)	Gráfico da Função Afim; coeficientes a e b; interseções; zero da função; estudo do sinal	Construir e manipular gráficos no GeoGebra; explorar efeitos de a e b; identificar interseções e zero; analisar sinal da função; desenvolver argumentação matemática
360° Matemática – Joamir Souza (FTD)	Planilha eletrônica (LibreOffice Calc)	Exemplos e atividades (pp. 147–148)	Modelagem de Função Afim a partir de dados reais; reta de regressão linear	Organizar dados em planilha; plotar pontos; inserir linha de tendência linear; obter equação ajustada; comparar valores reais e previstos; estimar valores futuros; estimular elaboração e troca de problemas
360° Matemática – Joamir Souza (FTD)	Planilha eletrônica	Exemplo e atividade (p. 125)	Modelagem de Função Afim com dados reais (massa de animal em recuperação)	Organizar dados em planilha; representar em gráfico XY; ajustar reta de tendência linear; obter equação $f(x) = 2{,}43x + 16$; comparar valores reais e previstos; discutir validade do modelo aproximado

Fonte: Elaboração própria, a partir da análise de livros didáticos do PNLD 2026.

Quadro 2.5 – Mapeamento de uso de TDIC em Função Afim nos livros do PNLD 2026 (Parte 3)

Livro / Autor	TDIC mencionada	Momento do capítulo	Subtópico associado	Finalidade pedagógica
360° Matemática – Joamir Souza (FTD)	Planilha eletrônica	Exemplo e atividade (p. 125)	Modelagem de Função Afim com dados reais (massa de animal em recuperação)	Organizar dados em planilha; representar em gráfico XY; ajustar reta de tendência linear; obter equação $f(x) = 2{,}43x + 16$; comparar valores reais e previstos; discutir validade do modelo aproximado
Do Seu Jeito – Dante (Ática)	Planilha eletrônica (LibreOffice Calc)	Seção "Tecnologias digitais" (pp. 97–98)	Função Afim definida por mais de uma sentença (gráfico por partes)	Construir tabela de valores; usar fórmula condicional (=SE) para modelar sentenças; representar gráfico no plano cartesiano; analisar crescimento/decrescimento e constância; estimular criação e troca de funções por pares de estudantes
Do Seu Jeito – Dante (Ática)	Software de geometria dinâmica (GeoGebra ou similar)	Seção "Tecnologias digitais" (p. 64)	Construção inicial do gráfico da Função Afim	Inserir a lei da função no software; visualizar o gráfico; destacar pontos relevantes; manipular antes da formalização; apoiar aprendizagem interativa e intuitiva
Do Seu Jeito – Dante (Ática)	Software de construção de gráficos (GeoGebra ou similar)	Seção "Tecnologias digitais" (p. 69)	Análise dos coeficientes da Função Afim (a, b)	Variar dinamicamente a e b; observar inclinação, interseções e deslocamentos; relacionar coeficientes à geometria da reta; compreender crescimento/decrescimento

Fonte: Elaboração própria, a partir da análise de livros didáticos do PNLD 2026.

Quadro 2.6 – Mapeamento de uso de TDIC em Função Afim nos livros do PNLD 2026 (Parte 4)

Livro / Autor	TDIC mencionada	Momento do capítulo	Subtópico associado	Finalidade pedagógica
Identidade – Iezzi (Saraiva)	Calculadora gráfica	Seção "Experimente" (p. 60)	Representações iniciais de funções (incluindo afins)	Construir representações gráficas em calculadora; explorar visualmente antes da formalização; introduzir a ideia de função
Identidade – Iezzi (Saraiva)	Software de geometria dinâmica (GeoGebra ou similar)	Seção "Experimente" (p. 69)	Representação de pontos e preparação do gráfico da Função Afim	Marcar pontos em software; observar padrões; aproximar da visualização dinâmica do plano cartesiano; apoiar transição para o gráfico da função
Identidade – Iezzi (Saraiva)	Software gráfico (GeoGebra ou similar)	Seção "Experimente" (p. 96)	Investigação do gráfico da função afim ($y = ax + b$)	Manipular coeficientes a e b; observar inclinação, translação e crescimento/decrescimento; promover ambiente investigativo apoiado pela tecnologia
Superação – Steigenberger (Moderna)	Planilha eletrônica (Calc, Excel ou Google Sheets)	Seção "Acessando tecnologias" (pp. 124–126)	Modelo linear (Função Afim)	Dispersão de dados; linha de tendência; equação $y = ax + b$; interpretação de a e b; previsão de valores
Por Toda Parte – Bonjorno (FTD)	GeoGebra (controles deslizantes)	Seção "Explorando a tecnologia" (pp. 128–129)	Analisando os coeficientes da função afim (a e b)	Visualizar inclinação e translação; manipular a e b dinamicamente; identificar zeros; articular registros algébrico e gráfico

Fonte: Elaboração própria, a partir da análise de livros didáticos do PNLD 2026.

Quadro 2.7 – Mapeamento de uso de TDIC em Função Afim nos livros do PNLD 2026 (Parte 5)

Livro / Autor	TDIC mencionada	Momento do capítulo	Subtópico associado	Finalidade pedagógica
Interação – Longen (Editora do Brasil)	Software de geometria dinâmica (GeoGebra ou similar)	Exemplo de construção gráfica (p. 146)	Gráfico da função afim ($f(x) = ax+b$)	Construir o gráfico no software; marcar dois pontos; traçar reta; compreender que o gráfico da Função Afim é sempre uma reta
Interação – Longen (Editora do Brasil)	Software de geometria dinâmica (GeoGebra ou similar)	Atividades em dupla (p. 148)	Construção e comparação de gráficos de funções afins (paralelismo, translação vertical, crescimento/decrescimento)	Explorar coletivamente os efeitos de a e b; analisar paralelismo; interpretar deslocamentos verticais; investigar variação de y em função de x
Interação – Longen (Editora do Brasil)	Software de geometria dinâmica (GeoGebra ou similar)	Seção "Para Explorar" (p. 164)	Estudo do sinal da Função Afim	Identificar zeros; analisar intervalos de positividade e negatividade; elaborar síntese escrita em grupo; integrar interpretação gráfica e argumentação matemática

Fonte: Elaboração própria, a partir da análise de livros didáticos do PNLD 2026.

A análise das coleções aprovadas no PNLD 2026 (Quadros 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7) revela uma certa variedade de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) empregadas no ensino da Função Afim. Esses recursos podem ser agrupados em quatro grandes eixos: *softwares de geometria dinâmica*, *softwares de construção de gráficos*, *planilhas eletrônicas* e *calculadoras gráficas*. Cada um ocupa um papel particular nas propostas pedagógicas, evidenciando diferentes modos de integrar o conteúdo matemático à mediação tecnológica e de promover a exploração conceitual por meio de múltiplas representações.

Os softwares de geometria dinâmica, com destaque para o *GeoGebra*, aparecem como o recurso mais recorrente nas coleções analisadas. Esses programas permitem construir e manipular figuras e gráficos em um ambiente interativo, preservando suas propriedades mesmo quando os elementos são modificados. Nos livros didáticos, ganham relevância pelo uso de *controles deslizantes* que variam os coeficientes a e b, permitindo ao estudante visualizar, em tempo real, as mudanças na inclinação da reta, nas interseções com os eixos e na variação do sinal da função. Essa interação favorece uma compreensão mais intuitiva e investigativa da relação entre parâmetros algébricos e representações gráficas.

Os softwares de construção de gráficos aparecem de forma mais genérica, sem menção

a programas específicos, mas sempre com a finalidade de traçar representações de funções e organizar comparações visuais. Em obras como *Moderna em Ação*, esses recursos são mobilizados para construir gráficos de funções e suas inversas, identificar simetrias, explorar translações e resolver inequações a partir da leitura geométrica.

As planilhas eletrônicas — LibreOffice Calc, Microsoft Excel ou Google Sheets — constituem um recurso versátil, capaz de organizar dados, aplicar fórmulas e gerar representações gráficas. Nas coleções analisadas, aparecem em contextos de modelagem de situações reais, como crescimento de grandezas, levantamentos escolares ou estudos de regressão linear. Com elas, é possível utilizar comandos como `=SE` para modelar funções definidas por sentenças e recorrer a gráficos de dispersão para ajustar retas que aproximam dados coletados.

Por fim, as calculadoras gráficas, tanto em versões físicas quanto em interfaces on-line (como Desmos ou o próprio GeoGebra em modo simplificado), cumprem a função de oferecer representações rápidas e intuitivas. Permitem testar funções, verificar inclinações, localizar interseções e visualizar o comportamento da Função Afim de maneira imediata, favorecendo um primeiro contato exploratório antes da formalização algébrica.

Os livros evidenciam que cada recurso digital cumpre uma finalidade específica: os softwares de geometria dinâmica favorecem a manipulação interativa e a exploração visual; os softwares de construção de gráficos estruturam análises comparativas entre funções; as planilhas eletrônicas aproximam a Função Afim de contextos reais baseados em dados; e as calculadoras gráficas potencializam a intuição inicial dos estudantes, permitindo observar regularidades e validar conjecturas de forma imediata.

O levantamento também constatou que a maioria das coleções reserva uma seção específica para o uso das TDIC, como se observa em *Tecnologias digitais* (Dante, Ática), *Experimente* (Iezzi, Saraiva), *Tecnologia* (Ferreira, SM), *Acessando tecnologias* (Steigenberger, Moderna), *Explorando a tecnologia* (Bonjorno, FTD), *Conectado* (Paiva, Moderna) e *Você Conectado* (Souza, FTD). Outras duas coleções não instituem formalmente esse espaço, mas ainda assim recorrem a recursos digitais: em *Moderna em Ação* (Gay, Moderna), por meio do marcador "SOFTWARE" em atividades específicas, e em *Interação* (Longen, Editora do Brasil), pela indicação de softwares de geometria dinâmica na seção "Análise e contexto". Nota-se, ademais, que algumas obras fazem uso mais frequente e variado desses recursos, como *Matemática Plus* e *Moderna em Ação*, que sugerem situações diversas de exploração — translações, comparações entre funções, estudo do sinal e modelagem de dados reais. Já em outras, como *Superação* ou *Por Toda Parte*, a presença das TDIC é mais pontual, restrita a exemplos localizados. Esse panorama mostra que, embora os recursos digitais estejam presentes de forma consolidada nas coleções, sua exploração oscila entre abordagens sistemáticas e propostas ocasionais.

Em síntese, a leitura das coleções do PNLD 2026 permite perceber que as TDIC deixaram de ser um recurso periférico para ocupar um lugar estruturado no ensino de

Função Afim. Seja por meio de seções próprias, seja por indicações pontuais, os autores reconhecem a necessidade de aproximar o estudante de ferramentas digitais que favoreçam a visualização, a manipulação e a modelagem de situações. A diversidade de recursos mobilizados — do GeoGebra às planilhas eletrônicas, passando por softwares de gráficos e calculadoras — confirma que o ensino desse objeto matemático pode ser enriquecido por diferentes mediações. Nesse horizonte, abre-se espaço para refletir sobre como tais tecnologias podem se articular às metodologias ativas no contexto da formação docente, uma vez que ambas compartilham o princípio da centralidade do estudante e da valorização de sua autonomia investigativa.

2.4 Metodologias ativas no contexto da formação docente

O debate sobre metodologias ativas emerge como um contraponto necessário ao modelo tradicional, que historicamente manteve o aluno em uma posição receptiva, pouco participativa e distante da construção do conhecimento. Mas, afinal, como conceber a formação docente sem reconhecer as transformações em curso? Não se trata apenas de acrescentar novas técnicas ao repertório de práticas, mas de repensar o papel do professor, de modo que sua ação pedagógica se alinhe às demandas de uma escola que dialoga com os desafios e linguagens do século XXI.

Os autores Mendes et al. (2023) são incisivos ao mostrar que a centralidade do ensino já não pode residir no professor como transmissor exclusivo de conteúdos. A docência, nesse cenário, exige outro perfil:

> Nesta perspectiva, o professor passa a ser um mediador em sala de aula e oportuniza ao aluno a possibilidade de este construir seu próprio conhecimento de forma autônoma, desenvolver a criatividade, a confiança, a empatia com o seu colega de turma e o professor, além do sentimento de pertencimento e responsabilidade (Mendes et al., 2023, p. 270).

Ora, não é justamente esse movimento de mediação que confere sentido às metodologias ativas? Mais do que dominar conteúdos, o professor precisa assumir a tarefa de orientar a autonomia do estudante: "Diante dessa nova realidade, ser professor vai além da teoria e dos conteúdos curriculares, é saber orientar os alunos a conquistarem a autonomia de buscar e construir seus próprios conhecimentos" (Mendes et al., 2023, p. 271).

É claro, entretanto, que a implementação dessas propostas encontra barreiras. Quantos professores não se mostram inseguros ou resistentes diante da exigência de alterar práticas cristalizadas? Como lembram (Mendes et al.,2023),

> um dos grandes desafios da educação e, principalmente para os professores dos anos iniciais do ensino fundamental, é trazer para a sala de aula novas estratégias e metodologias [...], pois alguns dos profissionais envolvidos nesta etapa da educação têm muita dificuldade ou até mesmo a falta de interesse (p. 271).

A formação docente, nesse sentido, torna-se condição indispensável para que tais obstáculos não inviabilizem a renovação pedagógica.

No ensino de Matemática, Bossi e Schimiguel (2020) observam que a rejeição dos estudantes à disciplina pode ser enfrentada com práticas mais dinâmicas. Não por acaso afirmam: "Como o ensino da Matemática sofre rejeição por muitos alunos devido a diferentes motivos, é valoroso a intenção do educador [...] de produzir uma aprendizagem significativa" (Bossi; Schimiguel, 2020, p. 3). O professor, nessa lógica, não abandona o rigor conceitual, mas precisa torná-lo acessível, interativo, vivo. O problema, contudo, é que nem sempre essa transição é simples. Os mesmos autores relatam, por exemplo, que "alguns alunos demoraram até quatro encontros para perceberem que o professor não retornaria à aula expositiva convencional" (Bossi; Schimiguel, 2020, p. 8). Eis a prova de que não apenas o professor, mas também o aluno precisa se habituar a novas lógicas pedagógicas. Apesar disso, a conclusão é clara: "O uso das Metodologias Ativas [...] estimula conhecimentos, incentiva reflexões e desafia os alunos" (Bossi; Schimiguel, 2020, p. 11). E mais: revela-se a urgência de ampliar os estudos nessa área, uma vez que "a temática ainda é recente e demanda mais estudos" (Bossi; Schimiguel, 2020, p. 10).

Pode-se ampliar essa discussão se compreendermos o professor como gestor das aprendizagens coletivas e individuais, capaz de conduzir percursos formativos que articulam intencionalidade pedagógica e abertura às dinâmicas imprevistas do processo educativo. Nessa perspectiva, o ato de ensinar exige uma postura de liderança aberta, criativa e empreendedora, em que mediar o processo de ensino se torna um desafio maior do que simplesmente impor aos outros aquilo que se considera correto.

Não seria essa a verdadeira essência da mediação? O autor insiste no valor do diálogo e da problematização, lembrando que:

> Mediar, orientar ou facilitar é problematizar, é buscar novas fontes de informação, é fugir de respostas rasas, é questionar o senso comum, é respeitar ritmos, mas também mostrar limites, questionar erros e dialogar, dialogar, dialogar... (Silva, 2020, p. 10-11).

Outro aspecto destacado por Silva (2020) é a integração das tecnologias digitais. Afinal, como ignorar o potencial das TDICs em um mundo em que a informação circula de forma tão veloz? Para o autor, "as TDIC não só facilitam a aplicação de muitas metodologias ativas como abrem novas e diferentes oportunidades de interação, colaboração e construção de conhecimentos condizentes com os contextos culturais contemporâneos" (p. 15). É nesse ponto que sua visão dialoga diretamente com a perspectiva do TPACK: não basta conhecer metodologias e conteúdos, é preciso também dominar as linguagens tecnológicas que sustentam a prática pedagógica atual.

O mesmo autor apresenta metodologias aplicáveis à formação docente, entre elas a Aprendizagem por Pares, que inverte a lógica tradicional:

> A concepção da aula muda do ensinar explanando para o ensinar questionando... A meta principal é promover a aprendizagem dos conceitos fundamentais dos conteúdos em estudo, através da interação entre os estudantes (Silva, 2020, p. 29).

Acrescentam-se, ainda, a sala de aula invertida, a aprendizagem baseada em problemas e a gamificação, esta última descrita como "a utilização de elementos ou estratégias de jogos como atividades no processo de ensino e aprendizagem [...] tendo como objetivo aumentar o engajamento dos estudantes nas atividades escolares" (Silva, 2020, p. 57).

Contudo, é preciso cautela. Como adverte Silva (2020), tais metodologias não podem ser aplicadas de forma acrítica, como se fossem meras fórmulas de sucesso automático. Ele mesmo sublinha: "Não se deve considerar que as metodologias ativas são a propagação da educação utilitária, educação para o trabalho e que não pode ser crítica e reflexiva" (p. 65). Há, portanto, uma dimensão ética e crítica que não pode ser negligenciada. Além disso, os resultados não surgem de imediato: "Tenha paciência, pois nem sempre as primeiras tentativas atingirão os resultados esperados, uma vez que todos os envolvidos estão ainda se adaptando a um novo estilo de aula e de exigências" (Silva, 2020, p. 66).

Diante desse conjunto de contribuições, percebe-se que as metodologias ativas não podem ser reduzidas a uma simples técnica didática. Elas configuram uma nova forma de compreender a docência e, sobretudo, a formação de professores. Exigem mudança de mentalidade, abertura ao diálogo, integração com as tecnologias digitais e, acima de tudo, disposição para refletir criticamente sobre a prática pedagógica. É nesse horizonte que a formação docente se fortalece: não como mera reprodução de modelos, mas como espaço de criação, crítica e emancipação.

No presente trabalho, adota-se como metodologia ativa os cenários para investigação, também chamados de ensino por investigação, conforme propostos por Ole Skovsmose (2000) no campo da Educação Matemática crítica. Nessa abordagem, o professor assume papel fundamental como mediador do processo de aprendizagem, sendo responsável por planejar, organizar e conduzir situações investigativas que convidam os estudantes à exploração, à formulação de questões e à análise de relações matemáticas. Cabe ao docente realizar intervenções pedagógicas intencionais, orientando o *aprender fazendo* e favorecendo a reflexão. Assim, os cenários para investigação destacam o protagonismo do professor na criação de ambientes de aprendizagem investigativos, caracterizando-se, neste trabalho, como a metodologia ativa que fundamenta a proposta pedagógica.

3 ASPECTOS TEÓRICOS

Este capítulo apresenta os fundamentos teóricos que embasam este trabalho, com destaque para o modelo TPACK e a Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS).

3.1 O modelo PCK de Shulman e sua evolução para o TPACK

Ao problematizar o que distingue o professor de um simples especialista em determinado conteúdo, Shulman (1986, 1987, 2015) propõe o conceito de *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) como o núcleo da docência. Trata-se de um conhecimento singular, que não se reduz nem ao domínio disciplinar nem às técnicas pedagógicas em abstrato, mas à fusão de ambos. Em suas palavras, é um "amálgama especial de conteúdo e pedagogia que é o terreno exclusivo dos professores, seu meio especial de compreensão profissional" (Shulman, 2015, p. 206).

O cerne desse modelo encontra-se na capacidade de transformar o conhecimento disciplinar em formas acessíveis ao estudante. Isso significa que o professor deve mobilizar analogias, metáforas, exemplos, contraexemplos, ilustrações e diferentes linguagens para representar um mesmo conceito. Como lembra Shulman,

> a chave para distinguir a base de conhecimento para o ensino está na interseção entre conteúdo e pedagogia, na capacidade do professor para transformar o conhecimento de conteúdo que possui em formas que são pedagogicamente poderosas (Shulman, 2015, p. 217).

Além de destacar o PCK como núcleo da docência, Shulman delineia um conjunto mais amplo de saberes que, articulados, formam a *base de conhecimento para o ensino*. Essas categorias (Quadro 3.1) permitem compreender que o trabalho docente não se reduz à relação conteúdo–pedagogia, mas envolve também currículo, contextos e finalidades da educação.

Por que destacar o PCK? Porque nele se reconhece a natureza profissional do saber docente: não basta "saber o que ensinar"; é preciso "saber como ensinar este conteúdo a estes alunos neste contexto". É aqui que emergem decisões didáticas com potência epistêmica: escolhas de registros de representação, sequências de tarefas, exemplos limiares, contraexemplos produtivos, analogias controladas — sempre ancoradas nas evidências de aprendizagem.

Esse processo exige também flexibilidade e adaptação. O ensino não se dirige a um público homogêneo, mas a sujeitos concretos, com histórias, culturas, linguagens e motivações próprias. Reconhecendo essa pluralidade, Shulman adverte:

> Adaptação é o processo de ajustar o material representado às características dos alunos. Quais são os aspectos relevantes de aptidão, gênero,

> linguagem, cultura, motivações [...] que vão afetar suas respostas (Shulman, 2015, p. 219).

Quadro 3.1 – Categorias da base de conhecimento docente

Categoria	Descrição
Conhecimento do conteúdo	Domínio conceitual e procedimental da disciplina em profundidade e amplitude.
Conhecimento pedagógico geral	Princípios, estratégias e gestão da sala de aula que transcendem áreas específicas.
Conhecimento do currículo	Diretrizes, programas, materiais e recursos que estruturam o ensino.
Conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK)	Integração conteúdo–pedagogia: representações, exemplos, analogias e estratégias específicas para cada tópico.
Conhecimento dos alunos e de suas características	Necessidades, repertórios, ritmos e diversidade sociocultural dos estudantes.
Conhecimento dos contextos educacionais	Do micro (turma e escola) ao macro (sistema, comunidade e cultura).
Conhecimento dos fins, propósitos e valores da educação	Fundamentos históricos, filosóficos e éticos que orientam a prática.

Fonte: Adaptado de Shulman (1986, 1987, 2015).

A própria estrutura do raciocínio pedagógico, conforme delineada por Shulman, constitui um ciclo que envolve compreensão, transformação, instrução, avaliação e reflexão. Ensinar, portanto, não se resume a transmitir conteúdos ou aplicar técnicas de sala de aula, mas implica um movimento constante de reelaboração, em que o professor interpreta, representa, observa o efeito da instrução e reconfigura sua prática. Não por acaso, o autor sustenta que "o raciocínio pedagógico é tão parte do ensino quanto o próprio ato de ensinar" (Shulman, 1986, p. 24).

Os Processos de Ação e Raciocínio Pedagógicos

A reflexão de Shulman (1987) sobre o conhecimento do professor inaugura uma perspectiva que ultrapassa a simples transmissão de conteúdos. O autor propõe o que denomina de processos de ação e raciocínio pedagógicos, um modelo cíclico que articula compreensão, transformação, instrução, avaliação, reflexão e nova compreensão. Esses momentos não se sucedem mecanicamente; ao contrário, formam um movimento contínuo de reelaboração da prática, em que o professor pensa sobre o que ensina, como ensina e por que ensina. Trata-se, portanto, de um ciclo de pensamento e ação que evidencia o caráter intelectual e ético do ofício docente.

Shulman parte da premissa de que o ensino requer tanto raciocínio quanto conhecimento. Ensinar é, antes de tudo, compreender o conteúdo de modo crítico e relacional — não apenas saber o que ensinar, mas entender como determinadas ideias se conectam entre si e

como podem ser apresentadas de maneira acessível aos alunos. Essa compreensão constitui o primeiro momento do ciclo e representa a base a partir da qual o professor seleciona e interpreta os conceitos essenciais de sua disciplina. Nesse ponto, o professor é convocado a transcender a reprodução de informações, mobilizando diferentes registros, linguagens e representações que permitam tornar o conteúdo significativo para os aprendizes.

O passo seguinte, denominado transformação, envolve um conjunto de subprocessos que explicitam a complexidade da ação pedagógica. Entre eles estão a preparação (interpretação crítica de textos e materiais para criar condições de aprendizagem), a representação (uso de metáforas, analogias, exemplos, dramatizações, recursos audiovisuais e tecnologias digitais), a seleção (escolhas didáticas que definem o percurso da aula) e a adaptação (ajuste das estratégias às características dos estudantes e dos contextos). Ao combinar esses elementos, o professor transforma o conhecimento disciplinar em conhecimento ensinável, articulando o domínio conceitual à sensibilidade pedagógica.

A etapa da instrução corresponde à concretização dessa preparação, momento em que o planejamento se torna visível na interação com os alunos. É ali que o professor organiza, comunica, questiona, estimula o raciocínio e cria oportunidades de aprendizagem. A instrução, portanto, não é o fim do ciclo, mas um campo de experimentação no qual o docente observa, ajusta e interpreta continuamente o efeito de suas decisões.

Segue-se a avaliação, que Shulman compreende como um processo permanente, ocorrendo tanto durante quanto após a aula. Ela se expressa em gestos cotidianos — nas perguntas, nos olhares, nos retornos imediatos dos estudantes — e também em instrumentos formais que sistematizam o progresso alcançado. Avaliar, nessa perspectiva, é refletir sobre a própria ação, buscando compreender o que foi aprendido e o que precisa ser reconfigurado. Essa análise conduz ao momento seguinte: a reflexão.

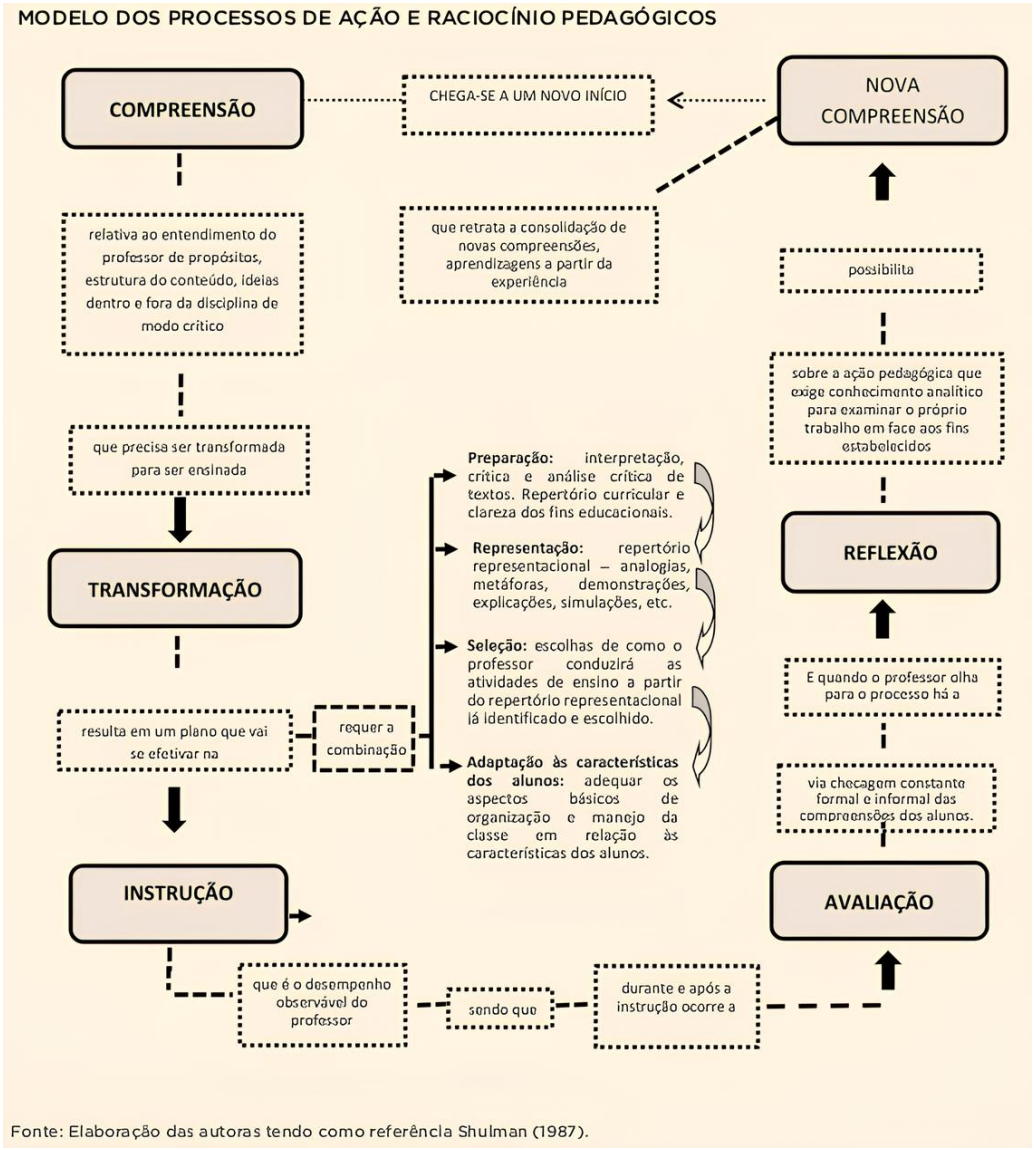
Refletir é revisitar o próprio percurso, reconhecer acertos, lacunas e possibilidades de aperfeiçoamento. Essa prática pode ser solitária ou coletiva, realizada por meio de registros, discussões ou simples rememorações. O essencial é que o professor se torne sujeito de sua própria formação, capaz de olhar para o ensino como um campo de investigação sobre si mesmo e sobre os processos que promove em seus alunos.

O ciclo se fecha — e, ao mesmo tempo, recomeça — na nova compreensão, estágio em que o docente consolida aprendizagens a partir da experiência. Trata-se de um movimento de reconstrução de significados, em que a prática se transforma em conhecimento profissional. Nessa nova compreensão, o professor passa a enxergar o conteúdo, os alunos e as estratégias de ensino de modo mais integrado, alcançando um nível superior de consciência pedagógica.

Shulman ressalta que tais momentos não configuram etapas rígidas, mas processos dinâmicos e interdependentes. Cada professor, em sua singularidade, vivencia-os de forma distinta, podendo enfatizar determinados momentos ou reorganizá-los conforme a situação didática. O importante é reconhecer que o ato de ensinar é, simultaneamente, ato de pensar: uma prática sustentada pelo diálogo constante entre conhecimento, ação e reflexão.

Dessa forma, compreender os processos de ação e raciocínio pedagógicos (Figura 3.1) é reconhecer que o ensino é uma atividade intelectual complexa, sustentada por decisões conscientes sobre o que, como e por que ensinar. É justamente nessa direção que se situa a crítica de Shulman às abordagens que fragmentam a docência, separando o domínio do conteúdo das práticas pedagógicas.

Figura 3.1 – Modelo dos processos de ação e raciocínio pedagógicos.



Fonte: Almeida et al. (2019), com base em Shulman (1987).

Nesse horizonte, a crítica de Shulman dirige-se a abordagens que dissociam conteúdo e pedagogia, centrando-se apenas em metodologias genéricas ou na gestão da sala de aula. Para ele, tal separação empobrece a prática docente, já que "os resultados da pesquisa sobre eficácia do ensino [...] são muito mais conectados com a gestão de sala de aula do que com as sutilezas da pedagogia de cada área" (Shulman, 2015, p. 210).

O PCK não se constitui de forma abstrata: suas fontes são múltiplas, abrangendo desde a formação acadêmica e o currículo oficial até a pesquisa educacional e a sabedoria

construída na prática docente. Essa última, segundo o autor, é "a menos estudada e codificada de todas, mas constitui a própria sabedoria adquirida com a prática" (Shulman, 2015, p. 211).

A ideia ganha força também em análises posteriores. O documento de Coutinho (2011), por exemplo, recupera Shulman ao definir o PCK como "uma amálgama entre conteúdo e pedagogia que possibilita que o professor adapte um tópico específico ao nível de compreensão e interesse dos alunos" (Coutinho, 2011, p. 5). Essa concepção reforça que ensinar não é apenas dominar um campo disciplinar, mas ser capaz de traduzi-lo em práticas significativas para os estudantes.

Exemplos concretos, como o da professora Nancy relatado por Shulman, ilustram a força desse modelo: sua "combinação de domínio do conteúdo e habilidade pedagógica era deslumbrante" (Shulman, 1986, p. 4). É nesse entrelaçamento — e não na mera justaposição — que se encontra a marca do verdadeiro saber docente.

A docência é uma profissão que ultrapassa o simples domínio de um conteúdo específico. O que diferencia um professor de um especialista em determinada área? Essa indagação, aparentemente simples, foi decisiva nos estudos de Lee Shulman nos anos 1980 e deu origem ao conceito de *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), um marco que redefiniu a base do conhecimento docente. Décadas depois, com a emergência das tecnologias digitais, Mishra e Koehler ampliaram esse horizonte, formulando o *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK). Ambos os modelos, cada qual em seu tempo, revelam a complexidade do trabalho docente e a necessidade de adaptação da educação às demandas históricas e culturais de cada época.

Se o PCK já representava uma revolução na compreensão da docência, o século XXI adicionou um elemento incontornável: a tecnologia. Mishra e Koehler (2006) perceberam que ensinar em uma sociedade digitalizada exige mais do que dominar conteúdo e pedagogia; requer também integrar criticamente as potencialidades das ferramentas digitais. Dessa percepção nasce o TPACK, que acrescenta o Conhecimento Tecnológico (TK) como um pilar essencial. Esse modelo não se reduz ao uso instrumental de recursos digitais, mas implica repensar a própria forma de ensinar com eles. O núcleo TPACK emerge quando conteúdo, pedagogia e tecnologia se articulam em equilíbrio, sempre à luz do contexto concreto da sala de aula. Um exemplo emblemático está no ensino de funções afins: com um software gráfico, os estudantes podem manipular interativamente os coeficientes de uma função como $f(x) = ax + b$, observando em tempo real as alterações na inclinação e no intercepto. Não se trata apenas de "ver o gráfico", mas de experimentar conceitos matemáticos e construir entendimentos mais robustos.

A transição do PCK ao TPACK gera implicações diretas para a formação de professores. O PCK exige que a formação vá além da transmissão de conteúdos, capacitando o futuro docente a converter conhecimento disciplinar em práticas pedagógicas eficazes. O TPACK impõe o desafio adicional da competência pedagógico-digital, ou seja, a habilidade de

selecionar, justificar e adaptar tecnologias a favor da aprendizagem. Há, porém, um risco a ser evitado: o uso superficial da tecnologia, quando slides, aplicativos ou plataformas aparecem sem propósito pedagógico claro. Tanto no PCK quanto no TPACK, o critério fundamental é epistêmico: as escolhas do professor devem abrir novos horizontes de raciocínio, representação e engajamento, em vez de apenas adornar a aula.

O PCK mostrou que ensinar é transformar conhecimento em experiência de aprendizagem. O TPACK, por sua vez, revelou que essa transformação, na era digital, só se completa quando a tecnologia é integrada de forma crítica, criativa e contextualizada. Esses modelos, em conjunto, revelam que o saber docente é um campo dinâmico e sempre em construção, que demanda flexibilidade, criatividade e permanente reconstrução. Se em outros tempos bastava articular conteúdo e pedagogia, hoje o professor é chamado a transitar também pelo universo tecnológico, com um olhar crítico voltado ao *como*, ao *porquê* e ao *para quem* ensinar. O que permanece inalterado é a essência da docência: assegurar que o conhecimento não se limite ao discurso acadêmico, mas se manifeste de forma viva na mente e na ação dos estudantes.

O TPACK não é apenas a soma de três dimensões isoladas (conteúdo, pedagogia e tecnologia), mas o resultado das suas intersecções. O professor contemporâneo é chamado a mobilizar tais intersecções de maneira criativa e crítica, de modo que a tecnologia não seja um adendo superficial, mas um recurso que potencializa a aprendizagem. Nessa perspectiva, o diferencial docente hoje não se restringe a conhecer a disciplina ou a dominar estratégias pedagógicas, mas a selecionar, justificar e articular recursos digitais que ampliem as possibilidades de representação, investigação e comunicação do conhecimento.

Cada situação educativa carrega uma singularidade, um entrelaçamento de fatores que não se deixa reduzir a esquemas prontos. Por isso, o *TPACK* insiste na flexibilidade: cada situação de ensino deve ser entendida como o resultado da interação entre múltiplos fatores interdependentes (Coutinho, 2011). Eis o desafio — e também a riqueza — da prática docente: reinventar-se a cada turma, a cada realidade, sem perder de vista o fio que conecta conteúdo, pedagogia e tecnologia.

As consequências para a formação de professores são inequívocas. Não basta preparar o futuro docente para dominar sua área de conhecimento ou para manejar metodologias de ensino consagradas. É preciso ir além: cultivar nele a capacidade de compreender criticamente as tecnologias, discernir suas potencialidades e limites e, sobretudo, mobilizá-las de forma criativa e intencional. Como destaca o documento, o TPACK evidencia que a formação de professores deve ir além do conhecimento disciplinar e pedagógico, incluindo o desenvolvimento da competência tecnológica para o ensino (Coutinho, 2011).

A competência de transformar um conteúdo em formas didáticas que façam sentido para *estes* alunos, *nesta* turma, mobilizando representações, exemplos, analogias, sequências e avaliações que iluminem as dificuldades típicas do tema. É necessário ir além de dominar a Matemática; é preciso *dizer* Matemática de um modo que os estudantes possam ver,

manipular, interrogar e justificar.

O TPACK reorganiza esse terreno em sete componentes: os conhecimentos de Conteúdo (CK), Pedagógico (PK) e Tecnológico (TK), suas intersecções PCK, TCK e TPK, e o núcleo TPACK. Em termos operativos:

- CK Ultrapassa a mera listagem de tópicos: abrange estruturas, métodos, ideias e formas de demonstração próprias do campo — no caso desta pesquisa, a Função Afim e suas diferentes representações.
- PK abarca planejamento, gestão da aula e avaliação, com atenção às capacidades cognitivas e socioculturais dos estudantes.
- TK é, por natureza, instável: muda com o tempo e exige do professor aprendizagem contínua.

As intersecções conferem precisão analítica. Em TCK, pergunta-se: *de que modo a tecnologia representa e transforma o conteúdo?* Em Educação Matemática, visualizações dinâmicas e manipulações (por exemplo, variar interativamente os coeficientes a e b em $f(x) = ax + b$) tornam evidente a taxa como razão e o intercepto como deslocamento vertical, o que reconfigura a experiência de aprendizagem. Em TPK, a questão é: *que affordances pedagógicas uma ferramenta ativa?* Não basta projetar slides; interessa quando a tecnologia induz outro regime de interação, participação e feedback formativo. O PCK, por sua vez, permanece como a engenharia fina da explicação: quais representações, em que sequência, com quais tarefas e critérios de êxito?

O núcleo TPACK não é a soma das peças, mas a *fluência* para orquestrá-las considerando objetivos, turma e contexto. Não há solução tecnológica universal; o êxito reside na flexibilidade do professor para navegar entre C–P–T em situações específicas, reconhecendo que conteúdo, pedagogia e tecnologia se co-constituem em contextos singulares. Em termos práticos, isso nos obriga a abandonar receitas e a assumir um desenho didático situado, sensível às condições locais (infraestrutura, cultura escolar, perfis de estudantes).

Depois de apresentados os fundamentos do PCK e do TPACK, é importante olhar para dentro do modelo e entender como ele se organiza. A seguir, serão descritos seus principais componentes e as formas de interação entre eles, destacando como cada um contribui para a prática docente e para a integração efetiva entre conteúdo, pedagogia e tecnologia.

Conhecimento do Conteúdo (CK)

O conceito de *Conhecimento do Conteúdo* (CK – *Content Knowledge*) constitui-se como um dos pilares estruturantes tanto no modelo de Shulman quanto nas reformulações posteriores que deram origem ao TPACK. Em sua formulação original, Shulman (1986) já havia destacado que o professor deve dominar os conceitos, teorias, ideias, esquemas organizacionais, bem como as regras de evidência e comprovação, próprias de sua disciplina.

Ou seja, o CK envolve não apenas a posse de informações factuais, mas a compreensão da lógica interna que organiza o saber disciplinar e o distingue como campo de conhecimento.

A ênfase de Shulman se volta para a amplitude epistemológica do conteúdo: conhecer a estrutura conceitual, os métodos de validação e os modos de investigação da disciplina. É nesse sentido que Coutinho (2011) retoma a definição ao assinalar que o CK corresponde ao domínio do conhecimento disciplinar, incluindo fatos, conceitos, teorias, procedimentos e critérios de validação científica. Nota-se aqui uma fidelidade ao núcleo original, mas também um reforço do caráter científico do saber que sustenta a docência.

Por outro lado, há autores que ressaltam o aspecto representacional do conteúdo. Para Nakashima e Piconez (2016, p. 235), "o *Content Knowledge* (CK) indica o conhecimento das possíveis representações de tópicos específicos em uma determinada área, por exemplo, modelos de fluxos de elétrons em Ciências, gráficos e tabelas em Matemática". Essa leitura amplia a definição de Shulman, ao salientar que o domínio do conteúdo implica igualmente conhecer as suas formas de representação, que funcionam como pontes didáticas entre o objeto científico e a aprendizagem dos estudantes.

Em formulações mais sintéticas, o CK aparece como o conhecimento profundo e organizado dos conceitos fundamentais de uma área do saber (Cibotto; Oliveira, 2017). Essa definição, embora mais enxuta, não perde de vista que o essencial do CK é garantir ao professor um repertório disciplinar sólido, sem o qual não se pode construir qualquer mediação pedagógica eficaz.

Quando transposto para contextos específicos, como a formação em saúde, o conceito mantém sua estrutura, ainda que adaptado às peculiaridades de cada área. Assim, o conhecimento do conteúdo diz respeito ao domínio das informações, fatos, teorias, métodos e princípios próprios do campo da saúde (Backes et al., 2017), reiterando a centralidade do CK como domínio disciplinar.

No entanto, é importante diferenciar o papel do CK no PCK e no TPACK. No modelo de Shulman, o CK é compreendido como a matéria-prima do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK), sendo necessário para que o professor realize a transposição didática, transformando o saber científico em formas compreensíveis e pedagogicamente adequadas. O foco recai sobre a articulação entre conteúdo e pedagogia, tendo o CK como fundamento inegociável desse processo.

Já no TPACK, o CK mantém sua centralidade, mas passa a ser visto em dinâmica relacional com a tecnologia. Não se trata apenas de conhecer conceitos e estruturas da disciplina, mas de saber como eles podem ser representados, explorados e ressignificados por meio das tecnologias digitais. Assim, o TCK permite compreender como o design da tecnologia pode contribuir ou restringir a representação do conteúdo (Nakashima; Piconez, 2016). Nesse novo arranjo, o CK adquire um caráter mais flexível e contextual, uma vez que sua mobilização depende dos recursos tecnológicos disponíveis e da adequação às práticas pedagógicas que deles decorrem.

Em síntese, o CK no PCK aparece como *fundamento epistemológico do ensino*, indispensável para a mediação pedagógica; já o CK no TPACK é compreendido como *núcleo disciplinar em diálogo com as tecnologias*, exigindo do professor não apenas o domínio do conteúdo, mas também a habilidade de explorar as representações digitais como meios de potencializar a aprendizagem.

O conceito de Conhecimento do Conteúdo (CK – *Content Knowledge*) constitui-se como um dos pilares estruturantes tanto no modelo de Shulman quanto nas reformulações posteriores que deram origem ao TPACK. Em sua formulação original, Shulman (1986, p. 9) já havia destacado que o professor deve dominar "os conceitos, teorias, ideias, esquemas organizacionais, bem como as regras de evidência e comprovação, próprias de sua disciplina". Ou seja, o CK envolve não apenas a posse de informações factuais, mas a compreensão da lógica interna que organiza o saber disciplinar e o distingue como campo de conhecimento.

Nessa direção, observa-se que diferentes autores, em distintas épocas e contextos, retomam e aprofundam o conceito de CK, mantendo, contudo, um núcleo comum de significados. Para evidenciar essas nuances e destacar os pontos de convergência, apresento a seguir um quadro que reúne definições extraídas literalmente das obras analisadas. Esse levantamento não apenas ilustra a recorrência de certas ideias — como a centralidade dos conceitos, teorias e métodos disciplinares —, mas também revela as ênfases próprias de cada autor, desde a dimensão epistemológica até o aspecto representacional do conteúdo.

Quadro 3.2 – Definições de Conhecimento do Conteúdo (CK)

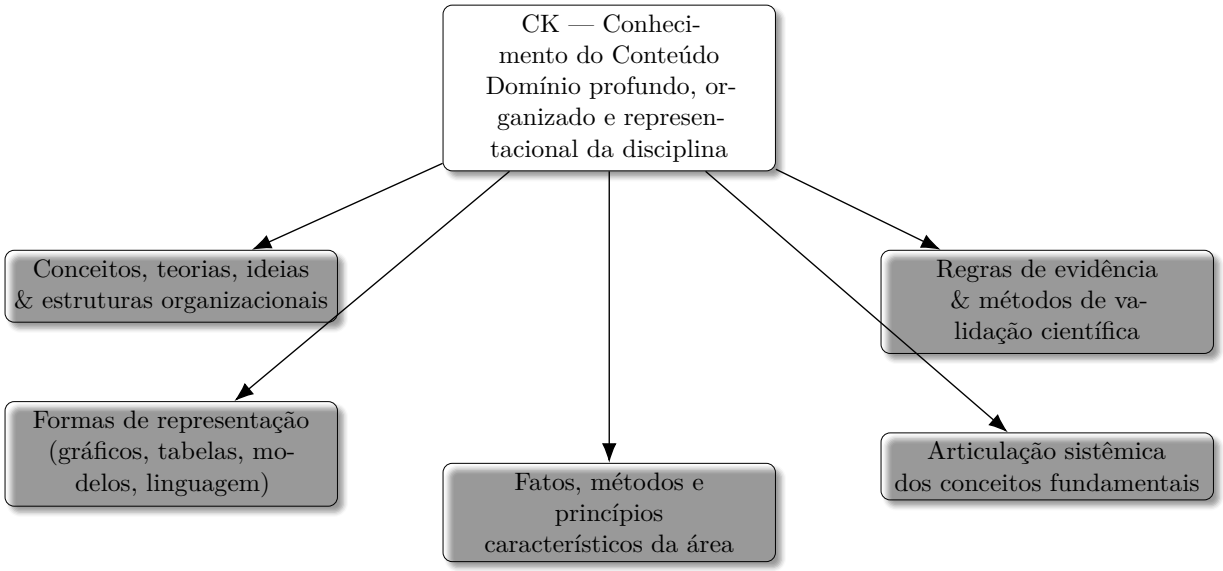
Autor / Texto	Definição de CK
Shulman (1986/1987)	O conhecimento do conteúdo refere-se à quantidade e à organização do conhecimento em si, em determinada área ou disciplina, incluindo conceitos, teorias, ideias, esquemas organizacionais, bem como regras de evidência e comprovação.
Coutinho (2011)	O conhecimento do conteúdo (CK) está relacionado ao conhecimento profundo da disciplina a ser ensinada, incluindo conceitos, teorias, ideias, estruturas organizacionais e regras de evidência e comprovação.
Nakashima e Piconez (2016)	O Content Knowledge (CK) indica o conhecimento das possíveis representações de tópicos específicos em uma determinada área, por exemplo, modelos de fluxos de elétrons em Ciências, gráficos e tabelas em Matemática
Cibotto e Oliveira (2017)	O CK é o conhecimento disciplinar específico que cada professor deve possuir, envolvendo a compreensão dos conceitos fundamentais e de como eles se organizam em uma determinada área do saber.
Backes et al. (2017)	O conhecimento do conteúdo (CK) é constituído pelo domínio do conteúdo específico da área de atuação, compreendendo fatos, conceitos, teorias e métodos próprios da disciplina.

Fonte: Elaboração própria, com base em diferentes autores.

Com base nessas contribuições (Quadro 3.2, veja também Figura 3.2), é possível propor uma definição mais abrangente e detalhada do CK.

Definição Integrada: O Conhecimento do Conteúdo (CK) pode ser entendido como o *domínio profundo, organizado e representacional de uma disciplina específica*, que inclui: (i) conceitos, teorias, ideias e estruturas organizacionais (Shulman, 1986; Coutinho, 2011); (ii) regras de evidência e métodos de validação científica (Coutinho, 2011); (iii) formas de representação próprias da área, como gráficos, tabelas e modelos (Nakashima; Piconez, 2016); (iv) a articulação sistêmica dos conceitos fundamentais (Cibotto; Oliveira, 2017); e (v) o domínio de fatos, métodos e princípios que caracterizam a disciplina (Backes et al, 2017).

Figura 3.2 – Esquema amplo de CK (mapa conceitual)



Fonte: Elaboração própria.

Conhecimento Pedagógico (PK)

O conhecimento pedagógico (*Pedagogical Knowledge* – PK) pode ser compreendido como a base sobre a qual se sustenta a ação docente, pois envolve o domínio das teorias, métodos e estratégias de ensino que podem ser aplicados em qualquer disciplina. Em outras palavras, refere-se ao "conhecimento profundo sobre processos, práticas e métodos de ensino e aprendizagem" (Mishra; Koehler, 2006, p. 1021), sendo, portanto, transversal a todas as áreas do saber.

Esse conhecimento abrange desde o gerenciamento da sala de aula até a criação de ambientes de aprendizagem que favoreçam a motivação e a participação dos estudantes. Segundo Shulman (1987), o PK diz respeito ao "arsenal de estratégias gerais e princípios de gestão que o professor dispõe para organizar a prática pedagógica, independentemente do conteúdo específico". Trata-se, assim, de um conhecimento que assegura a organização do espaço educativo e o estabelecimento de rotinas capazes de sustentar o ensino.

Outra dimensão fundamental do PK refere-se à avaliação e acompanhamento da aprendizagem. Para Coutinho (2011), o conhecimento pedagógico integra os saberes relativos à avaliação, à gestão da diversidade da turma, às formas de mediação e à adaptação do ensino a diferentes perfis de estudantes. Nessa perspectiva, o PK não é estático: ele exige flexibilidade, adaptação e sensibilidade diante das necessidades da turma.

É nesse sentido que Schmidt et al., (2009) destacam que o PK envolve compreender como os alunos aprendem, quais obstáculos enfrentam e como podem ser motivados de forma crítica e criativa. Em suma, o PK constitui-se como o "saber ensinar" em seu sentido mais amplo, articulando princípios de ensino, processos avaliativos e formas de mediação didática.

Dentro do modelo TPACK, o PK assume papel estruturante, pois organiza as práticas que serão posteriormente combinadas ao conteúdo (PCK), à tecnologia (TPK) e à integração plena (TPACK). Sem ele, o ensino corre o risco de reduzir-se a um uso instrumental do conteúdo ou da tecnologia, sem intencionalidade pedagógica.

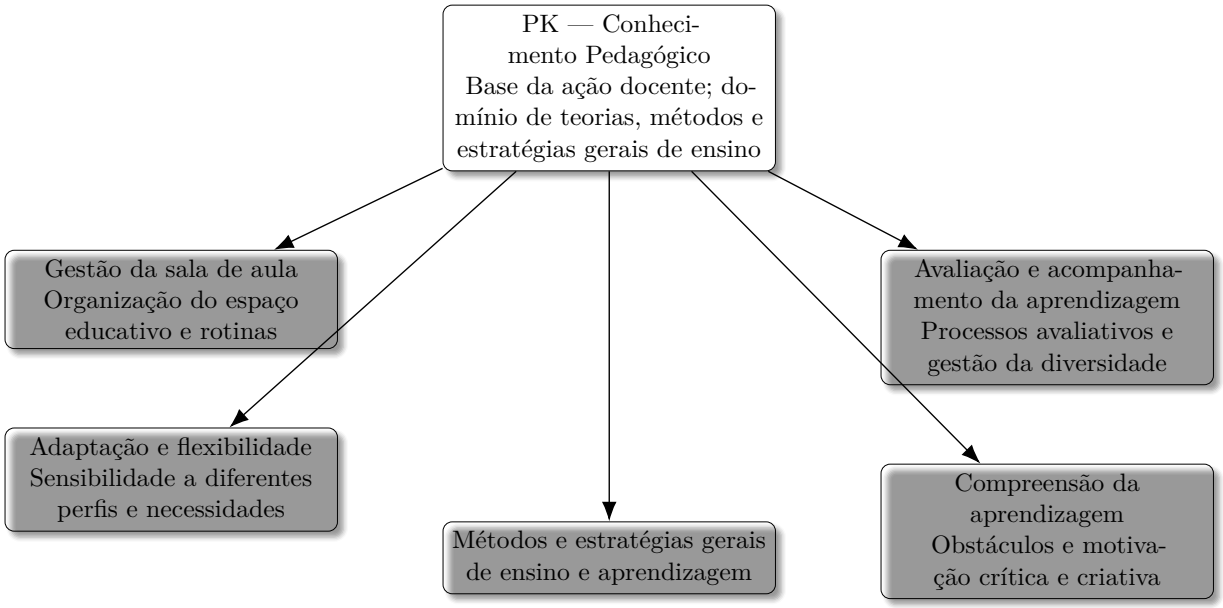
Quadro 3.3 – Definições de Conhecimento Pedagógico (PK)

Autor / Ano	Definição de PK
Mishra e Koehler (2006)	Conhecimento profundo sobre processos, práticas e métodos de ensino e aprendizagem, aplicáveis de forma transversal às diferentes disciplinas.
Shulman (1987)	Arsenal de estratégias gerais e princípios de gestão que o professor dispõe para organizar a prática pedagógica, independentemente do conteúdo específico.
Coutinho (2011)	O conhecimento pedagógico integra os saberes relativos à avaliação, à gestão da diversidade da turma, às formas de mediação e à adaptação do ensino a diferentes perfis de estudantes.
Schimidt et al. (2009)	O PK envolve compreender como os alunos aprendem, quais obstáculos enfrentam e como podem ser motivados de forma crítica e criativa.

Fonte: Elaboração própria com base em diferentes autores.

A partir das diferentes perspectivas apresentadas (Quadro 3.3, ver também Figura 3.3), propomos compreender o Conhecimento Pedagógico (PK) como o *saber ensinar* em sua acepção mais ampla. Ele envolve o domínio de teorias, métodos e estratégias gerais de ensino, a gestão da sala de aula, os processos avaliativos e de mediação, bem como a capacidade de adaptação às necessidades e aos diferentes perfis de estudantes. Trata-se de um conhecimento estruturante, que garante intencionalidade e sentido às práticas docentes, articulando-se posteriormente ao conteúdo (PCK), à tecnologia (TPK) e à integração plena (TPACK).

Figura 3.3 – Esquema amplo de PK (mapa conceitual).



Fonte: Elaboração própria.

Conhecimento Tecnológico (TK)

O conhecimento tecnológico (*Technological Knowledge* – TK) pode ser compreendido como o domínio das tecnologias disponíveis e das habilidades necessárias para operá-las, sejam elas tradicionais (livros, giz, quadro-negro) ou avançadas (computadores, internet, softwares, ambientes virtuais). Segundo Mishra e Koehler (2006), o TK refere-se ao conhecimento sobre tecnologias padrão como livros, giz e quadro-negro, bem como tecnologias mais avançadas como computadores, internet e vídeo digital, incluindo a competência para aprender e adaptar-se a novas ferramentas.

Esse conhecimento abrange não apenas a dimensão instrumental, mas também a capacidade de compreender as potencialidades e limitações das tecnologias em contextos educativos. Para Koehler e Mishra (2005), a tecnologia deve ser encarada como "um sistema de conhecimento, com *affordances* e restrições próprias", o que significa reconhecer que cada recurso abre determinadas possibilidades e, ao mesmo tempo, impõe limites ao processo de ensino e aprendizagem.

Outra dimensão central do TK é o seu caráter dinâmico. Como observam Cibotto e Oliveira (2017), "mais importante do que dominar softwares ou dispositivos específicos é desenvolver a capacidade de aprender continuamente, dado que ferramentas centrais hoje podem tornar-se obsoletas em pouco tempo". O TK, portanto, exige flexibilidade, criticidade e postura investigativa por parte do docente, que deve assumir-se como aprendiz permanente.

Segundo Coutinho (2011), o desenvolvimento do TK se dá em fases: a *entrada*, que corresponde ao primeiro contato com a tecnologia; a *apropriação*, quando o professor passa a usá-la de modo confiante; e a *invenção*, etapa em que cria práticas pedagógicas

inovadoras mediadas pelas TIC. Esse percurso revela que o TK se constrói ao longo da formação e da experiência, em um movimento contínuo de reinvenção.

Nessa direção, Nakashima e Piconez (2016) destacam que "o TK, quando articulado à pedagogia e ao conteúdo, evita o uso instrumental das tecnologias, conferindo intencionalidade e sentido às práticas docentes". Assim, o conhecimento tecnológico, embora instável e mutável, assume papel estruturante dentro do TPACK, pois amplia as possibilidades metodológicas do professor e sustenta práticas inovadoras de ensino e aprendizagem.

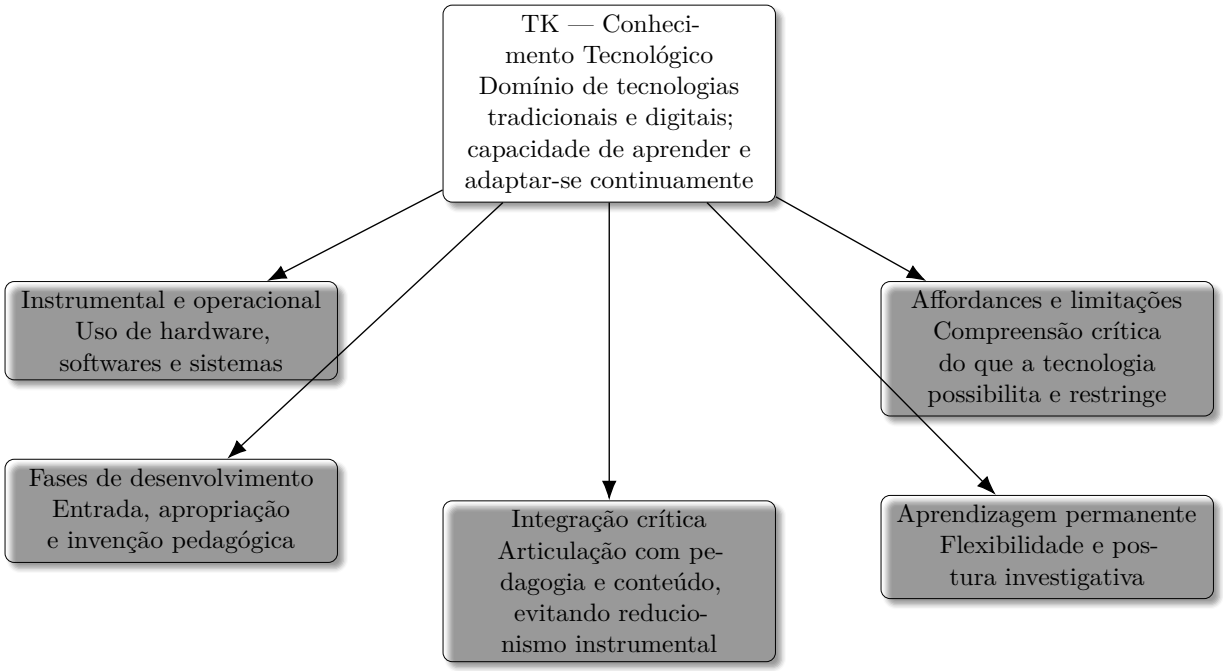
Quadro 3.4 – Definições de Conhecimento Tecnológico (TK)

Autor / Ano	Definição de TK
Mishra e Koehler (2006)	Conhecimento sobre tecnologias padrão (livros, giz, quadro-negro) e avançadas (computadores, internet, vídeo digital), incluindo habilidades de uso e a capacidade de aprender novas tecnologias.
Koehler e Mishra (2005)	Compreensão das potencialidades e limitações (affordances) das tecnologias, reconhecendo o que possibilitam ou restringem em contextos educativos.
Coutinho (2011)	Processo evolutivo em fases — entrada, apropriação e invenção — que traduz diferentes níveis de integração pedagógica das TIC.
Cibotto e Oliveira (2017)	Conhecimento instável e em constante mudança; mais importante que dominar softwares é desenvolver a capacidade de aprender continuamente, assumindo postura de aprendiz permanente.
Nakashima e Piconez (2016)	Conhecimento necessário para usar tecnologias tradicionais e digitais, que só ganha sentido quando articulado à pedagogia e ao conteúdo, evitando uso instrumental.

Fonte: Elaboração própria segundo diferentes autores.

A partir das diferentes perspectivas apresentadas (Quadro 3.4, ver também Figura 3.4), propomos compreender o Conhecimento Tecnológico (TK) como o saber que permite ao professor lidar criticamente com tecnologias em sua acepção mais ampla. Ele envolve tanto a dimensão instrumental quanto a capacidade de adaptação, a aprendizagem contínua e a articulação com pedagogia e conteúdo. Trata-se, assim, de um conhecimento estruturante, que garante intencionalidade às práticas docentes e promove atualização permanente diante da evolução tecnológica.

Figura 3.4 – Esquema amplo de TK (mapa conceitual).



Fonte: Elaboração própria.

Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK)

Ao indagar o que distingue o professor de um simples especialista em determinado campo do saber, Shulman (1986,1987) introduz o conceito de *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), reconhecendo nele o núcleo da docência. Trata-se de um conhecimento singular, que não se reduz ao domínio disciplinar nem às técnicas pedagógicas genéricas, mas à fusão de ambos em um "amálgama especial de conteúdo e pedagogia" (Shulman, 1986, p. 12). Esse amálgama confere ao professor a capacidade de transformar o conhecimento científico em formas didáticas compreensíveis, por meio de analogias, metáforas, exemplos, contraexemplos, ilustrações e diferentes registros de representação.

O cerne do PCK, portanto, está na habilidade de reorganizar o conteúdo a ser ensinado de modo a torná-lo acessível, sem perder a densidade conceitual. Para Shulman (1987), a chave está na "capacidade do professor de transformar o conhecimento do conteúdo que possui em formas que sejam pedagogicamente poderosas e adaptadas às variações, capacidades e antecedentes dos alunos" (p. 15). Em outras palavras, trata-se de mediar o encontro entre saber científico e saber escolar, ajustando-o às condições concretas de aprendizagem.

Grossman (1990, apud Almeida et al., 2019) ampliam essa definição ao considerar o PCK como um conhecimento nuclear que integra quatro dimensões: os propósitos de ensinar determinado conteúdo, a compreensão das concepções e dificuldades dos estudantes, o conhecimento do currículo e as estratégias instrucionais específicas. Essa perspectiva evidencia que o PCK não é um conhecimento isolado, mas um constructo complexo e

integrado, que se desenvolve continuamente na prática docente.

Mishra e Koehler (2006) reafirmam esse ponto ao destacar que o PCK inclui o domínio de abordagens pedagógicas adequadas a cada conteúdo, a identificação do que torna certos conceitos fáceis ou difíceis, a análise das concepções prévias e equívocos dos alunos, bem como a escolha de estratégias para promover compreensão significativa. O professor, nesse quadro, não apenas transmite informações, mas seleciona e representa o conteúdo de modo intencional, explorando registros variados e caminhos alternativos para favorecer a aprendizagem.

Na mesma direção, Coutinho (2011, p. 5) define o PCK como "uma amálgama entre conteúdo e pedagogia que possibilita ao professor adaptar um tópico específico ao nível de compreensão e interesse dos alunos". De forma semelhante, Cibotto e Oliveira (2017) reiteram que o PCK consiste na interseção entre pedagogia e conteúdo, evidenciando a necessidade de o professor dispor de um "arsenal de formas alternativas de representação" (Shulman, 1986, p. 9), seja derivado da pesquisa, seja da sabedoria prática construída na experiência profissional.

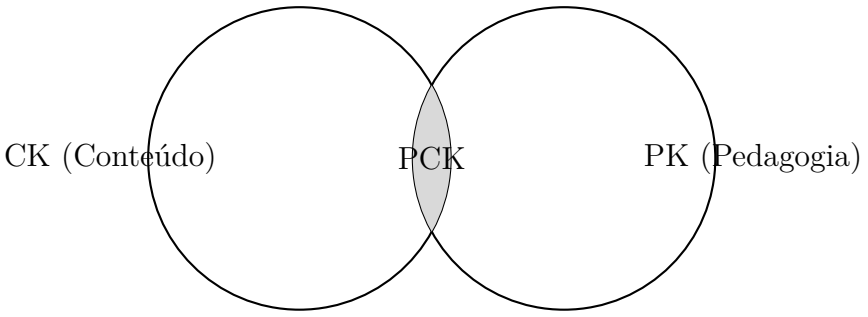
Portanto, a partir das definições (Quadro 3.5 ver também Figura 3.5) pode-se inferir que o PCK é o que singulariza o professor: não basta dominar o "o que ensinar" (conteúdo) ou o "como ensinar" (pedagogia em abstrato). É preciso transformar o saber acadêmico em saber ensinável, ajustado a estes alunos, neste contexto. Nesse sentido, o PCK constitui o espaço profissional no qual o docente mobiliza sua autoria, articulando teoria e prática para produzir aprendizagens significativas.

Quadro 3.5 – Definições de PCK

Autor	Definição de PCK
Shulman (1986, 1987)	Amálgama de conteúdo e pedagogia; capacidade de transformar o conhecimento disciplinar em formas compreensíveis, utilizando representações, exemplos, analogias e metáforas, adaptadas às características dos alunos.
Grossman (1990 apud Almeida et al., 2019)	Conhecimento nuclear que integra: propósitos de ensinar, compreensão dos estudantes, conhecimento curricular e estratégias instrucionais específicas.
Mishra e Koehler (2006)	Saber quais abordagens pedagógicas se adequam a cada conteúdo; organizar elementos para um ensino eficaz; compreender dificuldades e concepções prévias dos alunos; utilizar estratégias e representações para promover compreensão significativa.
Coutinho (2011)	Retomando Shulman, enfatiza o PCK como amálgama entre conteúdo e pedagogia, destacando sua função de adaptar um tópico específico ao nível de compreensão e interesse dos alunos.
Cibotto e Oliveira (2017)	Interseção entre pedagogia e conteúdo; exige do professor um "arsenal de formas alternativas de representação", seja derivado da pesquisa, seja da experiência prática.

Fonte: Elaboração própria segundo diferentes autores.

Figura 3.5 – PCK como intersecção entre conhecimento de conteúdo (CK) e conhecimento pedagógico (PK).



Fonte: Elaboração própria.

Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (TCK)

O Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (*Technological Content Knowledge* – TCK) diz respeito à compreensão da forma como o conteúdo de uma disciplina e a tecnologia se influenciam e se moldam mutuamente. Trata-se de um conhecimento que ultrapassa a visão isolada de conteúdo e de tecnologia, pois reconhece que a natureza de um conceito pode ser modificada, ampliada ou restringida pelas possibilidades representacionais que uma tecnologia oferece.

Segundo Mishra e Koehler (2006), o TCK é o conhecimento de como a tecnologia e o conteúdo estão reciprocamente relacionados. Embora certos recursos tecnológicos possam limitar os tipos de representações possíveis, outros ampliam consideravelmente a variedade e a flexibilidade na exploração de ideias. Assim, cabe ao professor discernir quais tecnologias são mais apropriadas para o ensino de um dado conteúdo, bem como de que modo essas tecnologias reconfiguram a forma de compreender o objeto estudado.

Esse entendimento ganha especial relevância no ensino de Matemática. Softwares como o GeoGebra, por exemplo, permitem a manipulação dinâmica de funções e gráficos, o que facilita a visualização da variação de parâmetros, a construção de hipóteses e a exploração de contraexemplos. Do mesmo modo, simuladores ou planilhas podem oferecer novas maneiras de interpretar relações algébricas e estatísticas, tornando o conteúdo mais acessível e investigativo. Nesses casos, não se trata apenas de "usar" a tecnologia, mas de repensar o próprio modo como o conteúdo é estruturado e aprendido.

Como enfatizam Harris e Hofer (2009), o TCK exige que o docente compreenda as representações tecnológicas disponíveis para um determinado conceito e saiba decidir quando e como utilizá-las, de modo que potencializem a aprendizagem. O professor não apenas domina o conteúdo, mas reconhece como diferentes ferramentas tecnológicas podem transformá-lo em experiências didáticas mais ricas, diversificadas e contextualizadas.

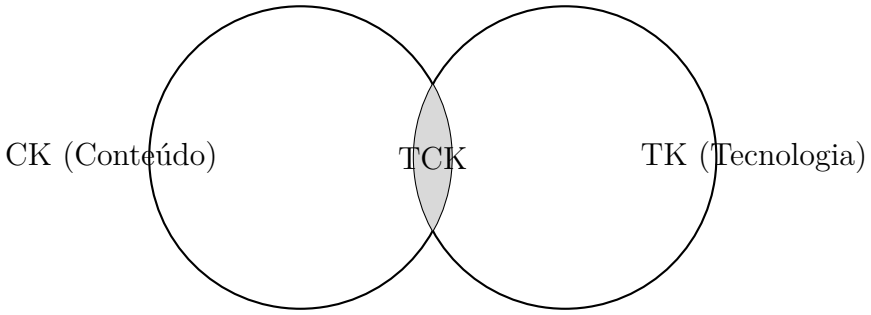
Ou seja, com base nas definições (Quadro 3.6, ver também Figura 3.6) pode-se concluir que o TCK é a articulação entre o "o que ensinar" (conteúdo) e os modos tecnológicos de representá-lo e explorá-lo. É nele que se evidencia que a tecnologia não é apenas um recurso externo, mas um componente que reconfigura a própria experiência de ensinar e aprender.

Quadro 3.6 – Definições de TCK

Autor	Definição de TCK
Mishra e Koehler (2006)	Conhecimento de como a tecnologia e o conteúdo estão reciprocamente relacionados; novas tecnologias ampliam representações possíveis, enquanto outras as restringem. O professor deve compreender como a tecnologia pode transformar o ensino de um conteúdo.
Koehler e Mishra (2005)	Entendimento de quais tecnologias são mais adequadas para cada assunto e como essas escolhas influenciam a forma de ensinar e aprender um conteúdo específico.
Harris e Hofer (2009)	Conhecimento das representações tecnológicas disponíveis para um conceito e capacidade de decidir quando e como utilizá-las para potencializar a aprendizagem.
Coutinho (2011)	Reconhecimento de que a tecnologia e o conteúdo se moldam mutuamente; cabe ao professor explorar como diferentes ferramentas transformam o modo de ensinar e de aprender.

Fonte: Elaboração própria segundo diferentes autores.

Figura 3.6 – TCK como intersecção entre conhecimento de conteúdo (CK) e conhecimento tecnológico (TK)



Fonte: Elaboração própria.

Conhecimento Tecnológico-Pedagógico (TPK)

O Conhecimento Tecnológico-Pedagógico (*Technological Pedagogical Knowledge* – TPK) refere-se à compreensão de como a tecnologia pode apoiar ou modificar processos e estratégias pedagógicas. Trata-se de um conhecimento que não se prende a conteúdos específicos, mas à capacidade de integrar recursos tecnológicos em abordagens didáticas, ampliando a variedade de experiências de ensino e aprendizagem.

Segundo Mishra e Koehler (2006), o TPK envolve compreender como diferentes tecnologias podem ser utilizadas para apoiar práticas pedagógicas gerais, como a colaboração entre alunos, a aprendizagem baseada em problemas ou a avaliação formativa. Não se trata apenas de conhecer a ferramenta tecnológica, mas de perceber como sua incorporação altera a dinâmica da sala de aula, o papel do professor e a participação do aluno.

Koehler e Mishra (2005) destacam que o TPK é a intersecção entre o domínio das tecnologias e a competência pedagógica, exigindo do docente discernimento para decidir quando, como e com qual finalidade empregar recursos digitais. Um mesmo software, por exemplo, pode ser explorado de modos distintos: como instrumento de exposição pelo professor, como ferramenta de experimentação pelos alunos ou como ambiente de cooperação em grupo.

Na perspectiva de Harris e Hofer (2009), o TPK demanda reconhecer que a introdução de tecnologias não é neutra, mas impacta diretamente na organização da sala de aula, nas interações e nas metodologias de ensino. Assim, cabe ao professor selecionar recursos que favoreçam metodologias ativas, a aprendizagem colaborativa e a construção de autonomia pelos estudantes.

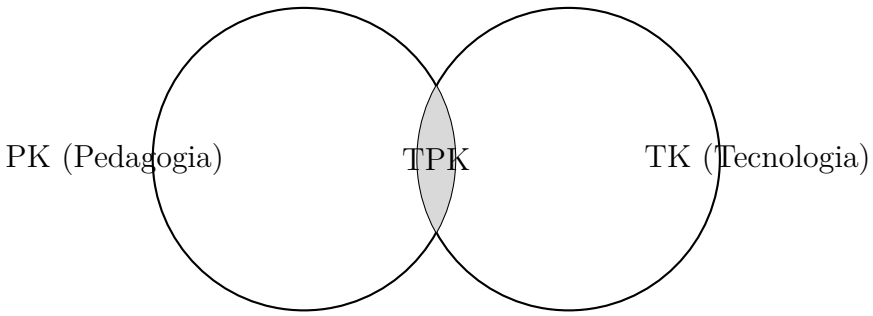
De fato, usando as definições (Quadro 3.7, ver também Figura 3.7) pode-se concluir que o TPK é o conhecimento que possibilita ao professor compreender como a tecnologia e a pedagogia se inter-relacionam, permitindo que recursos digitais sejam usados de modo intencional para qualificar o processo educativo. Não se trata de substituir o professor pela tecnologia, mas de potencializar suas escolhas pedagógicas por meio de novos meios de ação.

Quadro 3.7 – Definições de TPK

Autor	Definição de TPK
Mishra e Koehler (2006)	Conhecimento de como diferentes tecnologias podem apoiar práticas pedagógicas gerais, modificando estratégias de ensino e aprendizagem.
Koehler e Mishra (2005)	Intersecção entre tecnologia e pedagogia; capacidade de decidir quando e como utilizar recursos tecnológicos em diferentes abordagens didáticas.
Harris e Hofer (2009)	Reconhecimento de que a introdução de tecnologias impacta a organização da sala de aula, as interações e as metodologias; exige escolhas pedagógicas conscientes.
Coutinho (2011)	Ênfase na utilização intencional de recursos digitais para promover metodologias ativas, aprendizagem colaborativa e autonomia discente.

Fonte: Elaboração própria segundo diferentes autores.

Figura 3.7 – TPK como intersecção entre conhecimento pedagógico (PK) e conhecimento tecnológico (TK)



Fonte: Elaboração própria.

Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo (TPACK)

O Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo (*Technological Pedagogical Content Knowledge* – TPACK) representa a síntese maior do modelo proposto por Mishra e Koehler (2006). Trata-se do ponto de encontro entre conteúdo (CK), pedagogia (PK) e tecnologia (TK), configurando um conhecimento integrado que orienta a ação docente em sua complexidade. Se o PCK já diferenciava o professor do especialista, ao articular conteúdo e pedagogia, o TPACK amplia esse horizonte ao reconhecer que, no contexto contemporâneo, a tecnologia não pode ser um adendo externo, mas parte constitutiva do processo de ensinar e aprender.

Segundo Mishra e Koehler (2006), o TPACK é o conhecimento que emerge da interação entre os três domínios, permitindo ao professor decidir como um conteúdo pode ser ensinado por meio de determinadas abordagens pedagógicas e potencializado por ferramentas tecnológicas. Essa tríade não é mera justaposição, mas um entrelaçamento em que cada componente se redefine em função dos outros. O modo como um conceito é representado

tecnologicamente pode alterar sua abordagem pedagógica e, em consequência, a própria compreensão conceitual.

Koehler e Mishra (2005) reforçam que o TPACK envolve não apenas saber usar tecnologias, mas compreender seus limites, potencialidades e implicações para o ensino de um conteúdo específico. Exige que o professor se torne capaz de reconfigurar estratégias de ensino a partir das mediações tecnológicas, reconhecendo que cada recurso abre novas possibilidades, mas também impõe restrições.

Na visão de Harris e Hofer (2009), o TPACK traduz-se em decisões práticas: selecionar metodologias adequadas, escolher recursos digitais pertinentes e ajustar o conteúdo às necessidades concretas da turma. Não se trata de aplicar tecnologia pelo uso em si, mas de mobilizá-la para ampliar a potência epistêmica do ensino, promovendo aprendizagens mais significativas, contextualizadas e críticas.

Resumindo, com base nas definições dos autores (Quadro 3.8) pode-se entender que o TPACK constitui o "coração" do conhecimento docente no século XXI. É nele que se materializa a passagem do saber acadêmico para a prática pedagógica tecnologicamente mediada, assegurando que o professor não apenas domine o conteúdo e as estratégias de ensino, mas saiba integrá-los criativamente às ferramentas digitais em benefício da aprendizagem dos alunos.

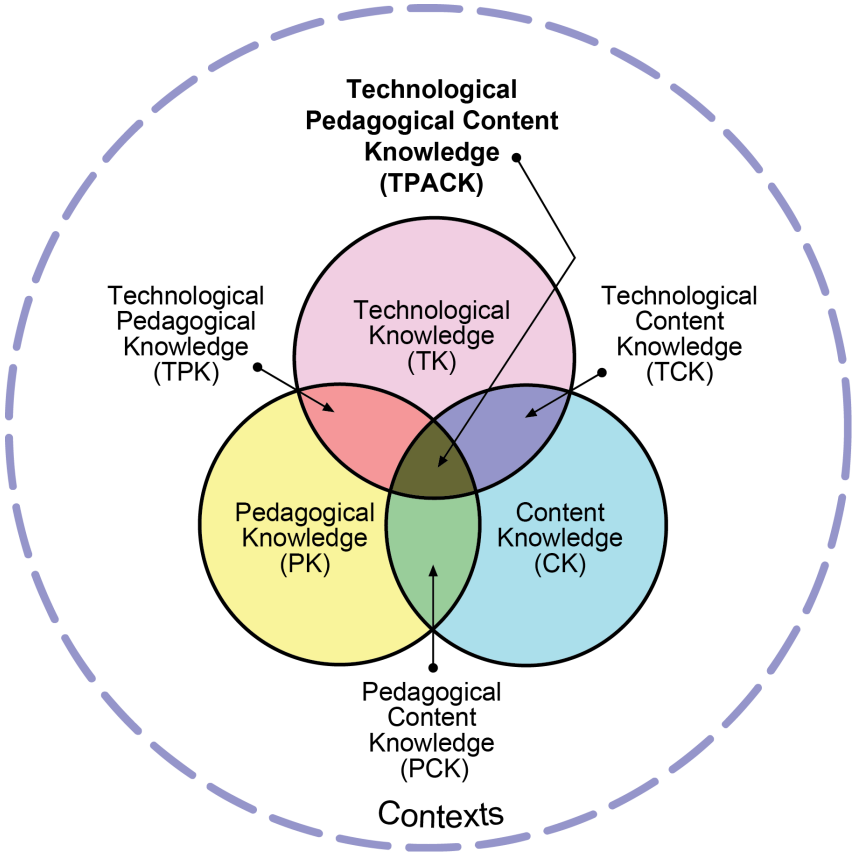
Quadro 3.8 – Definições de TPACK

Autor	Definição de TPACK
Mishra e Koehler (2006)	Conhecimento que resulta da interação entre conteúdo, pedagogia e tecnologia; orienta a ação docente integrada, permitindo selecionar abordagens pedagógicas e recursos tecnológicos adequados para cada conteúdo.
Koehler e Mishra (2005)	Integração dinâmica entre CK, PK e TK; envolve compreender limites, potencialidades e implicações do uso de tecnologias para o ensino de conteúdos específicos.
Harris e Hofer (2009)	Tradução prática da intersecção entre os três domínios; guia decisões sobre metodologias, recursos digitais e ajustes do conteúdo às necessidades da turma.
Coutinho (2011)	Reforça o TPACK como conhecimento central do professor no século XXI; destaca sua função de promover aprendizagens significativas e contextualizadas por meio da integração criativa entre saberes.

Fonte: Elaboração própria segundo diferentes autores.

O modelo PCK (*Pedagogical Content Knowledge*), proposto por Shulman (Shulman, 1986), destaca a importância do conhecimento pedagógico do conteúdo. O TPACK (Mishra; Koehler, 2006) estende esse modelo, incorporando o conhecimento tecnológico, como ilustrado na Figura 3.8.

Figura 3.8 – Modelo TPACK



Fonte: (Mishra; Koehler, 2006).

O papel do contexto no TPACK

Um aspecto fundamental do modelo TPACK é o reconhecimento de que o conhecimento docente não se exerce em abstrato, mas em situações concretas de ensino e aprendizagem. Por isso, o contexto deve ser compreendido não como pano de fundo, mas como parte integrante do *framework* (Cibotto; Oliveira, 2017). É nele que se articulam conteúdo, pedagogia e tecnologia, marcados pela complexidade e pela necessidade constante de adaptação.

Segundo Koehler e Mishra (2005), o contexto abrange múltiplas dimensões: o perfil dos estudantes, as expectativas das famílias, as características sociais da comunidade, os recursos disponíveis na escola e até as condições institucionais mais amplas. O professor, nessa perspectiva, não atua como aplicador de métodos prontos, mas como *designer de currículo*, ajustando continuamente suas decisões às circunstâncias específicas de sua prática.

Harris e Hofer (2009), Mishra e Koehler (2006) acrescentam que não existem conteúdos, pedagogias ou tecnologias "puros". Cada um desses elementos é moldado pelos contextos de uso, de modo que não há soluções universais. O êxito do professor depende de sua habilidade em navegar de forma flexível entre os espaços de intersecção, sempre situados

em condições singulares de ensino.

No caso brasileiro, Cibotto e Oliveira (2017) chamam atenção para um desafio adicional: muitos jovens não têm acesso regular a tecnologias de qualidade, e mesmo quando as possuem, raramente as utilizam na escola do mesmo modo que no cotidiano. Isso evidencia que a integração significativa das TIC exige do professor uma leitura crítica da realidade, construindo mediações que façam sentido no espaço escolar.

Por fim, conforme definições (Quadro 3.9) o contexto é o elemento que confere concretude ao TPACK. É nele que se decide "o que ensinar, como ensinar, com quais recursos e para quais alunos". Ao situar tecnologia, pedagogia e conteúdo em realidades concretas, o contexto revela o caráter criativo, adaptativo e situado da prática docente.

Quadro 3.9 – O papel do contexto no modelo TPACK

Autor	Definição de contexto no TPACK
Koehler e Mishra (2005)	O contexto envolve o perfil dos alunos, as expectativas das famílias, os recursos da escola e as características da comunidade; o professor atua como *designer de currículo*, adaptando suas decisões às circunstâncias específicas.
Harris e Hofer(2009, Mishra e Koehler (2006)	Não existem conteúdos, pedagogias ou tecnologias "puros"; cada elemento é moldado pelos contextos de uso, e o sucesso depende da capacidade do professor de adaptar suas escolhas às situações concretas.
Cibotto & Oliveira (2017)	O contexto integra o próprio framework, não sendo mero pano de fundo; ele molda e redefine as interações entre conteúdo, pedagogia e tecnologia.
Cibotto e Oliveira (2017)	No Brasil, a desigualdade de acesso e uso das tecnologias impõe desafios adicionais, exigindo do professor mediações que considerem as condições reais da escola e dos estudantes.

Fonte: Elaboração própria segundo diferentes autores.

3.2 A Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS)

O aporte teórico de Duval e Moretti (2012) ocupa um lugar central para a compreensão do funcionamento cognitivo da atividade matemática, pois desloca a ênfase dos objetos em si para as formas pelas quais estes são representados e mobilizados em diferentes registros. Como o autor observa, *"um registro é um campo de variação de representação semiótica em função de fatores cognitivos que lhe são próprios"* (Duval; Moretti, 2012, p. 2). Assim, a compreensão de um conceito matemático não se dá de forma direta e imediata, mas sempre mediada por sistemas semióticos que, ao mesmo tempo, possibilitam e limitam o acesso ao objeto.

Essas representações não são meros instrumentos auxiliares: elas desempenham funções constitutivas do pensamento. De acordo com Duval, *"as representações semióticas*

desempenham um papel primordial [...] na realização de diferentes funções cognitivas: a função de objetivação, a função de comunicação e a função de tratamento, que não pode ser preenchida pelas representações mentais" (Duval; Moretti, 2012, p. 5-6). Essa distinção revela que, em Matemática, não é possível separar a atividade conceitual da atividade representacional.

No interior de cada registro, realizam-se os chamados tratamentos, que consistem em manipulações ou transformações internas. *"O tratamento é uma transformação desta representação no mesmo registro onde ela foi formada"* (Duval; Moretti, 2012, p. 8). Todavia, a dificuldade mais recorrente para os estudantes emerge quando é necessário articular registros distintos. Nesse ponto, destaca-se a operação de conversão: *"A conversão de uma representação é a transformação desta representação em uma representação em outro registro, conservando a totalidade ou uma parte somente do conteúdo da representação inicial"* (Duval; Moretti, 2012, p. 8). Trata-se, portanto, de um processo mais exigente do ponto de vista cognitivo, já que implica transitar entre linguagens diferentes sem perder de vista o objeto matemático de referência.

A teoria aponta ainda para o risco das confusões semióticas: *"Toda confusão acarreta, em mais ou menos a longo termo, uma perda de compreensão e os conhecimentos adquiridos tornam-se rapidamente inutilizáveis [...] permanecem como representações inertes que não sugerem nenhum tratamento"* (Duval; Moretti, 2012, p. 4). Esse paradoxo semiótico indica que o objeto matemático não é acessível senão pelas representações, mas ao mesmo tempo estas podem ser tomadas como se fossem o próprio objeto, gerando equívocos persistentes.

É nesse sentido que Duval e Moretti (2012) destacam a importância da coordenação entre registros. Resolver problemas matemáticos exige não apenas operar em um registro isolado, mas mobilizar simultaneamente múltiplos campos de variação: *"Toda resolução de problema que mobiliza um ou outro desses objetos exige [...] capacidade para produzir ou reconhecer, espontaneamente, não importa qual a representação produzida nesses dois campos de variação; [e] coordenação, em cada um desses campos de variação, em outro campo de variação"* (Duval; Moretti, 2012, p. 2). A hipótese de aprendizagem que se impõe, portanto, é que a compreensão integral de um conceito depende da espontaneidade e rapidez com que o sujeito é capaz de realizar essas conversões.

Essa fundamentação contribui para explicar as dificuldades recorrentes dos estudantes em tópicos como a Função Afim, especialmente no trânsito entre o registro algébrico, o gráfico e o tabular. Mais do que falhas de cálculo, os obstáculos derivam da incapacidade de articular representações distintas, o que reforça a pertinência pedagógica da teoria: analisar, classificar e explorar sistemas semióticos não é apenas um exercício teórico, mas uma estratégia concreta para favorecer a aprendizagem matemática significativa.

O conceito de função pode ser comunicado por meio de diferentes linguagens e representações, cada qual evidenciando aspectos particulares dessa noção matemática. Essa diversidade não é mero detalhe didático, mas constitui um recurso essencial para o desen-

volvimento da compreensão dos estudantes, pois possibilita múltiplas formas de acesso ao mesmo objeto. O Quadro 3.10 a seguir sintetiza as seis linguagens mais recorrentes na literatura especializada:

Quadro 3.10 – Linguagens associadas ao conceito de função

Linguagem	Descrição
Tabela ou quadro	Organiza dados relativos à relação funcional, explicitando correspondências numéricas.
Diagrama de flechas	Torna visíveis as condições da definição de função, indicando, a cada elemento do domínio, a imagem correspondente.
Pares ordenados	Representação simbólica do tipo (x, y) que expressa a associação entre variáveis.
Gráfico	Tradução da relação funcional em pontos no plano cartesiano, revelando aspectos visuais e geométricos.
Expressão algébrica	Notação formal da função, que deve estar sempre acompanhada da explicitação do domínio e do contradomínio.
Língua materna	Descrição em linguagem natural, permitindo a comunicação da ideia de função em termos cotidianos.

Fonte: (Silva, 2020).

Essa multiplicidade de linguagens, entretanto, não deve ser compreendida como um repertório opcional ou meramente ilustrativo. Trata-se de uma condição estrutural do pensamento matemático. Nesse horizonte, a contribuição de Duval e Moretti (2012) é decisiva ao demonstrar que a compreensão de um objeto matemático só se efetiva quando o estudante consegue coordenar diferentes registros de representação semiótica, realizando tanto tratamentos dentro de um mesmo registro quanto conversões entre registros distintos.

No caso específico da função, torna-se indispensável reconhecer que sua apreensão não se limita a manipular símbolos ou construir gráficos de forma isolada. O núcleo da aprendizagem matemática reside na capacidade de transitar entre diferentes registros de representação, atribuindo sentido a cada passagem. É justamente nessa conversão — e não apenas no tratamento interno a um registro — que, conforme lembram Duval e Moretti (2012), se situa a complexidade do pensamento matemático e, ao mesmo tempo, a origem de muitas das dificuldades dos estudantes.

A atividade matemática, longe de constituir um contato direto com objetos abstratos, realiza-se sempre por meio de representações. Este é o ponto de partida do aporte teórico de Duval e Moretti (2012) e Duval (2003), cuja originalidade consiste em deslocar o foco do "objeto em si" para as formas pelas quais ele se torna acessível ao pensamento. O autor formula de modo lapidar: "um registro é um campo de variação de representação semiótica em função de fatores cognitivos que lhe são próprios" (Duval; Moretti, 2012, p. 2). Tal definição sustenta que cada registro organiza a atividade mental à sua maneira,

evidenciando certos aspectos do objeto e ocultando outros, e é justamente por isso que a coordenação entre registros se impõe como condição de compreensão.

Compreender Matemática não equivale a acumular definições ou reproduzir algoritmos. Compreender é mobilizar representações e reconhecer nelas as invariantes do objeto. Por isso Duval insiste que "as representações semióticas desempenham um papel primordial [...] na realização de diferentes funções cognitivas: a função de objetivação, a função de comunicação e a função de tratamento, que não pode ser preenchida pelas representações mentais" (Duval; Moretti, 2012, p. 5-6). Não se trata, pois, de um expediente pedagógico ou de um "recurso visual", mas da própria infraestrutura do pensamento matemático: não há conceituação sem representação. Essa discussão encontra-se sintetizada no Quadro 3.11.

Daí emerge aquilo que o autor denomina paradoxo cognitivo. Dependemos das representações para acessar os objetos matemáticos; contudo, ao utilizá-las, corremos o risco de confundi-las com o próprio objeto. O alerta é contundente: "Toda confusão acarreta, em mais ou menos a longo termo, uma perda de compreensão e os conhecimentos adquiridos tornam-se rapidamente inutilizáveis [...] permanecem como representações inertes que não sugerem nenhum tratamento" (Duval; Moretti, 2012, p. 4). A escola, quando se fixa numa única forma representacional, produz esse tipo de conhecimento inerte: um saber que "funciona" localmente, mas não se transfere.

Para esclarecer a natureza do problema, Duval e Moretti (2012) diferenciam semiose e noese. A semiose refere-se à produção/apreensão de representações semióticas; a noese, à apreensão conceitual do objeto. A tese é direta: não existe noese sem semiose. Em Matemática, pensar significa operar com signos, e a compreensão conceitual supõe a capacidade de produzir, transformar e articular representações de diferentes registros de forma deliberada e consciente.

Quadro 3.11 – Funções das representações semióticas

Função	Descrição
Objetivação	Torna visível o objeto matemático, independentemente da intenção comunicativa.
Comunicação	Permite transmitir o objeto a outro sujeito, em uma linguagem compartilhada.
Tratamento	Possibilita transformações internas no registro, impossíveis apenas com representações mentais.

Fonte: Duval e Moretti (2012).

É nesse ponto que adquire relevância a noção de registro de representação, entendido como sistema semiótico com regras de conformidade (o que conta como uma produção válida naquele sistema) e regras de expansão informacional (quais transformações internas são legitimadas). No registro algébrico, por exemplo, a sintaxe e a convenção simbólica garantem a conformidade; regras de transformação — como simplificações e reescritas — sustentam a expansão. No registro gráfico, por sua vez, critérios de legibilidade e variáveis

visuais possibilitam leituras e tratamentos específicos. Dizer que "vários registros dizem a mesma coisa" é uma meia verdade: dizem de modos diferentes; selecionam perspectivas distintas; nenhum, isoladamente, esgota o objeto.

A TRRS propõe ainda uma tipologia que ajuda a compreender por que certos registros dominam as práticas escolares. Duval distingue registros monofuncionais (tratamentos fortemente algoritmizáveis, como certas manipulações algébricas) e registros multifuncionais (não-algoritmizáveis, como língua natural e configurações figurais). "Os registros monofuncionais são aqueles cujos tratamentos são fortemente algoritmizáveis, enquanto os multifuncionais exigem operações não passíveis de automatização" (Duval; Moretti, 2012, p. 15). Em geral, a escola privilegia os monofuncionais por oferecerem "segurança procedimental"; o custo, porém, é a invisibilização de dimensões conceituais que emergem em registros multifuncionais. O resultado é o enclausuramento de registros: a aprendizagem fica "presa" a um único sistema, e o estudante não reconhece o mesmo objeto em outra forma representacional.

Quadro 3.12 – Atividades ligadas aos registros de representação

Atividade	Definição	Exemplo genérico
Formação	Produção de uma representação válida em um registro.	Escrever uma equação na forma $y = 2x + 3$.
Tratamento	Transformações internas ao mesmo registro.	Simplificar $2x + 3 + 4x$ em $6x + 3$.
Conversão	Transformação da representação em outro registro, preservando o objeto.	Passar da equação $y = 2x + 3$ para o gráfico correspondente.

Fonte: (Duval; Moretti, 2012).

A teoria organiza a atividade representacional em três operações (Quadro 3.12). A formação diz respeito à produção de uma representação válida num dado registro. O tratamento remete às transformações internas nesse registro — "o tratamento é uma transformação desta representação no mesmo registro onde ela foi formada" (Duval; Moretti, 2012, p. 8). A conversão, por fim, é "a transformação desta representação em uma representação em outro registro, conservando a totalidade ou uma parte somente do conteúdo da representação inicial" (Duval; Moretti, 2012, p. 8). É nessa terceira operação que se concentra a maior complexidade cognitiva: a conversão não se reduz a codificação de símbolos nem a "interpretação" em sentido vago; implica discriminar unidades significantes no registro de partida, identificar invariantes do objeto e reconstruí-los no registro de chegada.

Quadro 3.13 – Tipos de conversão

Tipo de conversão	Características	Dificuldade
Congruente	Há correspondência direta entre unidades significantes.	Baixa – próxima de um código.
Não-congruente	Exige reorganização das unidades significantes.	Alta – fonte de erros e bloqueios.

Fonte: Duval e Moretti (2012).

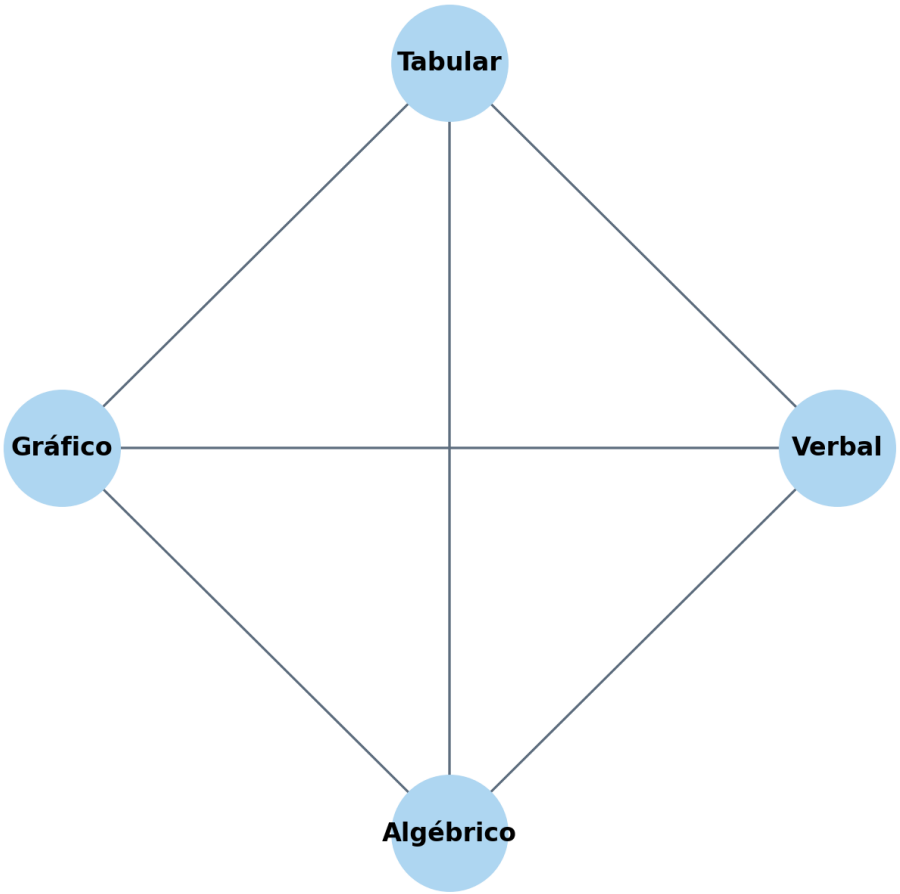
Dois fenômenos são decisivos para entender por que a conversão constitui o "ponto nevrálgico" da aprendizagem, conforme sintetizado no quadro 3.13.

O primeiro é o da congruência/não-congruência. "Quando uma representação pode ser transformada em outra representação de outro registro sem que haja necessidade de reorganização das unidades significantes, a conversão é congruente. Caso contrário, ela é não-congruente" (Duval; Moretti, 2012, p. 9). Conversões congruentes tendem a ser vividas como "quase-código"; já as não-congruentes exigem reorganizações, acarretando custos cognitivos e, não raro, bloqueios. O segundo fenômeno é o da heterogeneidade dos sentidos: converter de A para B não equivale a converter de B para A. Os caminhos cognitivos são distintos; a escola costuma treinar apenas um sentido e supor, equivocadamente, que o inverso virá de brinde.

A consequência é direta: a coordenação de registros torna-se critério de compreensão conceitual. Duval é explícito ao formular a hipótese de que a compreensão "depende da espontaneidade e rapidez com que o sujeito é capaz de realizar essas conversões" (Duval; Moretti, 2012, p. 2). Não basta "acertar o cálculo" ou reconhecer um padrão; compreender supõe transitar com fluidez entre linguagens, reconhecendo o mesmo objeto em configurações distintas. O conhecimento "funciona" quando a conversão se torna possível, frequente e ágil; caso contrário, permanece parcial, fragmentado, inerte.

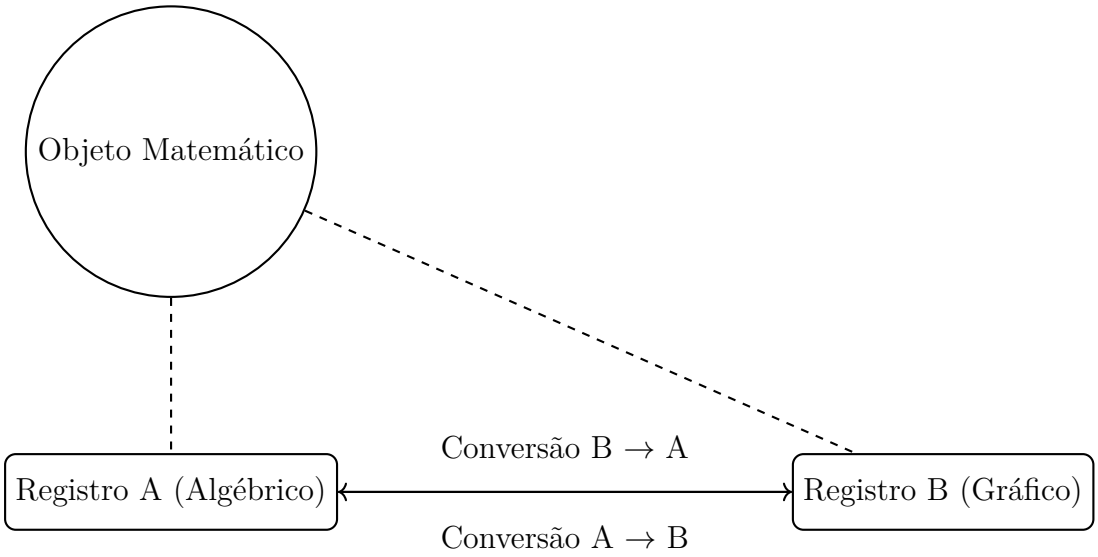
A figura 3.9 sintetiza as possíveis conversões entre registros da Função Afim, evidenciando que a compreensão desse conceito não se limita ao domínio isolado de um único registro, mas depende da capacidade de transitar entre diferentes formas de representação. Essa leitura é confirmada pelos estudos que dialogam com a TRRS. Em pesquisa sobre ensino de funções, registra-se que as maiores barreiras não decorrem de falhas nos cálculos, mas da incapacidade de articular registros distintos (Amplatz, 2020). De modo semelhante, em investigação sobre o papel da álgebra simbólica, destaca-se que os alunos raramente recorrem a outras formas de representação como apoio para compreender ou verificar a forma algébrica da função, o que compromete a aprendizagem (Guerreiro, 2009). Tais evidências apontam para o fenômeno do enclausuramento: quando o ensino se fecha em um único registro, a conversão — condição essencial de compreensão — permanece implícita e não ensinada.

Figura 3.9 – Mapa de interações entre registros



Fonte: Elaboração própria adaptada de Duval e Moretti (2012).

Figura 3.10 – Coordenação de registros como critério de compreensão conceitual



Fonte: Elaboração própria.

Para tornar mais explícito o diagnóstico, convém recuperar desdobramentos teóricos

nem sempre salientados, tomando como referência a coordenação entre registros como critério de compreensão conceitual, conforme ilustrado na Figura 3.10. Duval e Moretti (2012) enfatizam a ideia de campo de variação no interior de cada registro: variáveis visuais e organizacionais estruturam leituras possíveis no gráfico; variáveis sintáticas e semânticas orientam transformações no simbólico; variáveis de enunciação e estruturação textual marcam o discursivo. Em termos pedagógicos, mapear essas variáveis é crucial para planejar conversões: a passagem não se dá "de modo direto", mas pelas unidades significantes que fazem ponte de um registro a outro.

Outro ponto que merece destaque é a produtividade heurística dos registros não-discursivos, especialmente das figuras. Longe de servir apenas como "ilustração", a figura permite tratamentos próprios da apreensão operatória (por exemplo, reconhecer invariantes configuracionais) que não se reduzem a uma prova discursiva, mas a preparam. Quando Duval recomenda dupla produção — passar de um registro não linear (esquema/figura) a um registro linear (texto/cálculo) —, está indicando a necessidade de representações intermediárias para que o raciocínio dedutivo se torne possível. Em suas palavras, é preciso "variar representações, planejar atividades de conversão e avaliar as não-congruências" se quisermos romper com o conhecimento inerte (Duval; Moretti, 2012, p. 24).

Isso se traduz em condições didáticas com alto grau de generalidade. Primeira condição: variações comparativas entre registros, de modo que o estudante perceba o que se conserva (invariantes) e o que se transforma (variáveis significantes) ao trocar de linguagem. Segunda condição: aprendizagem dos tratamentos específicos de cada registro — dominar procedimentos não é sinônimo de compreender, mas sem procedimentos não há como "fazer ver" certas propriedades. Terceira condição: produção complexa que engaje múltiplos registros e incorpore situações não-congruentes como motor de reorganização conceitual. Em termos práticos, a conversão precisa ser planejada, sequenciada e avaliada; não é efeito colateral de aulas "bem dadas".

As pesquisas em domínios distintos da matemática escolar apontam na mesma direção. Trabalhos voltados a transformações lineares reportam que a dificuldade do estudante em relacionar forma matricial a efeito geométrico reflete, tipicamente, um problema de conversão: a passagem matricial→geométrica e o retorno geométrica→matricial não compartilham o mesmo "caminho cognitivo". Em termos de TRRS, trata-se de heterogeneidade dos sentidos combinada a não-congruência. Do ponto de vista da formação docente, isso exige sequências didáticas que ora reduzam o grau de não-congruência (para estabilizar unidades significantes), ora o elevem (para provocar reorganizações necessárias).

A mesma leitura vale para temas clássicos da educação básica, como o estudo de funções. A conversão entre linguagem natural, tabela, gráfico, pares ordenados e expressão algébrica não é um "desfile de equivalências", e sim uma trama de correspondências sujeita a variações, ambiguidades e assimetrias. Quando o ensino dá por suposta a passagem — ou, pior, a restringe ao sentido que lhe é mais confortável —, o conceito não se estabiliza.

Em vez disso, multiplicam-se rotinas eficazes num registro e erros persistentes quando solicitada a articulação.

Sob essa ótica, a TRRS não é apenas um "modelo descritivo" de como alunos pensam, mas um programa normativo sobre como ensinar. Duas consequências se evidenciam. Primeira, o planejamento didático deve começar por mapear os registros relevantes, listar suas unidades significantes e antecipar graus de não-congruência a serem trabalhados. Segunda, a avaliação deve ir além do acerto procedimental: precisa verificar rapidez e espontaneidade nas conversões, solicitar ida e volta (A→B e B→A) e incluir itens não-congruentes como critério de compreensão robusta. Em suma: o que "vale" na aprendizagem não é apenas o que o aluno faz dentro de um registro, mas o que ele é capaz de reconstruir ao mudar de registro.

No plano epistemológico, a teoria de Duval pede que abandonemos a ideia de um "conteúdo puro" que existiria antes e à parte das formas representacionais. Conteúdo e forma não são esferas estanques; são, antes, dimensões de uma mesma realidade cognitiva. O objeto matemático "aparece" ao pensamento na e pela representação, e o que chamamos de "compreender" corresponde a estabilizar invariantes através de variações representacionais. Daí a força do enunciado segundo o qual "um registro é um campo de variação": o objeto se dá a ver por meio de variações controladas (Duval; Moretti, 2012, p. 2). Compreender, então, é constatar o que não varia no que varia.

Esse horizonte permite reler práticas escolares à luz de uma métrica mais fina. Não basta "incluir um gráfico" numa aula sobre álgebra, ou "pedir um parágrafo em língua natural" num exercício de geometria. A questão didática decisiva é o que o gráfico torna visível que a álgebra não torna — e vice-versa —, e como orquestrar a passagem entre ambos para que o mesmo objeto seja reconhecido. É essa coordenação que impede a aprendizagem de se reduzir a automatismos e favorece a constituição de saberes transferíveis.

A literatura que analisamos converge nesse diagnóstico. Em O estudo da função afim a partir da interpretação global de propriedades figurais, lê-se que "as maiores barreiras não decorrem de falhas nos cálculos, mas da incapacidade de articular registros distintos" (p. 60), reforçando o papel da conversão como núcleo da dificuldade. Em O papel das representações algébricas na aprendizagem das funções, sublinha-se que "os alunos raramente recorrem a outras formas de representação como apoio para compreender ou verificar a forma algébrica da função" (p. 14), evidenciando o enclausuramento no simbólico e os limites de uma aprendizagem que se mantém em um único registro. Em Um estudo sobre as transformações lineares na perspectiva dos registros de representação semiótica, o foco recai na assimetria entre sentidos de conversão e nas não-congruências como fator explicativo de bloqueios interpretativos, tornando manifesta a necessidade de "expor sistematicamente o aluno a conversões em ambos os sentidos" e de "regular o grau de não-congruência" para provocar reorganizações conceituais (cf. síntese dos resultados reportados no trabalho).

Essas convergências empíricas não substituem a teoria, mas a confirmam. Mostram que a TRRS não é uma especulação externa às salas de aula; ao contrário, oferece uma gramática para diagnosticar por que aprendemos quando aprendemos — e por que falhamos quando falhamos. Em particular, explicam a recorrência de erros persistentes que não se dissolvem com mais treino procedimental, justamente porque o problema não está "dentro" do registro dominante, mas entre registros não coordenados.

Em suma, a teoria dos registros de representação semiótica desloca a atenção do cálculo isolado para a coordenação de registros. Se a formação assegura a validade de produções e o tratamento estabiliza procedimentos, é na conversão que se decide a compreensão. A hipótese de Duval, retomada aqui como eixo de leitura do ensino de Matemática, afirma que compreender é coordenar: reconhecer, com rapidez e espontaneidade, o mesmo objeto ao atravessar linguagens distintas. À luz desse princípio, "é necessário variar representações, planejar atividades de conversão e avaliar as não-congruências, se quisermos romper com o conhecimento inerte" (Duval; Moretti, 2012, p. 24). É precisamente nesse núcleo — simultaneamente o mais exigente e o mais fértil — que a aprendizagem significativa se desenha.

3.3 A Teoria dos Registros de Representação Semiótica como referencial para a organização do ensino no âmbito do TPACK

À luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, conforme formulada por Duval[1], esta pesquisa assume como eixo central o professor enquanto organizador do ensino, compreendendo que a qualidade das experiências de aprendizagem está diretamente relacionada às decisões docentes que estruturam o planejamento e a mediação pedagógica. Nessa perspectiva, o referencial do Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e de Conteúdo (TPACK) é mobilizado para descrever a base de conhecimentos necessária ao professor, entendida como o conjunto de saberes que sustenta suas escolhas didáticas, tecnológicas e organizacionais no ensino da Matemática. O foco do trabalho, portanto, está em analisar como o professor organiza o ensino, orientando-se por critérios teóricos que qualificam essas decisões.

Nesse contexto, a Teoria dos Registros de Representação Semiótica é incorporada como um suporte teórico às decisões docentes, especialmente no que se refere à organização das representações do objeto matemático ao longo do planejamento de ensino. Esse referencial permite compreender que a aprendizagem se vincula à forma como o aluno lida com diferentes representações de um mesmo objeto, particularmente em situações que exigem a passagem entre registros distintos.

Segundo essa abordagem, o objeto matemático não é acessado diretamente, sendo apreendido por meio de representações semióticas. Cada registro de representação —

[1] As referências à Teoria dos Registros de Representação Semiótica, nesta subseção, baseiam-se em Duval (2012).

algébrico, gráfico, tabular ou linguístico — comporta formas próprias e específicas de expressar o mesmo objeto, o que implica reconhecer que nenhuma representação, isoladamente, é suficiente para assegurar sua compreensão. A aprendizagem se evidencia quando o aluno consegue reconhecer o mesmo objeto matemático em diferentes registros, realizar tratamentos no interior de um mesmo registro e estabelecer relações entre registros distintos.

Dentre essas operações, a conversão entre registros ocupa papel central. A aprendizagem se manifesta quando o aluno consegue enxergar o objeto matemático em outra forma de representação, preservando sua identidade apesar da mudança de registro. As conversões podem apresentar diferentes níveis de complexidade: algumas são mais transparentes, enquanto outras exigem maior esforço de articulação entre representações. É nessas situações de maior complexidade representacional que se reconhece uma aprendizagem mais consolidada, à luz desse referencial, pois o aluno precisa estabelecer correspondências menos evidentes entre registros distintos.

Esse referencial permite compreender que muitas dificuldades recorrentes na aprendizagem matemática estão associadas à coordenação entre registros de representação. Cada registro comporta um conjunto próprio de possibilidades representacionais, e a compreensão do objeto depende da capacidade de reconhecê-lo nessas diferentes formas. Quando o aluno consegue perceber o objeto em registros distintos e transitar entre eles, observa-se um avanço consistente no processo de aprendizagem.

Essa compreensão tem implicações diretas para o planejamento docente. Conhecer esse referencial possibilita ao professor organizar o ensino de forma mais intencional, estruturando atividades que explorem múltiplas representações de um mesmo objeto. Isso envolve selecionar tarefas que promovam tratamentos em registros isolados e planejar conversões progressivas entre registros distintos. Tal organização deve ocorrer de forma gradativa: iniciar com situações mais simples, avançar para conversões mais transparentes e, posteriormente, culminar em conversões que exigem maior articulação entre representações.

A Teoria dos Registros de Representação Semiótica articula-se, assim, de maneira direta às dimensões do conhecimento docente descritas pelo TPACK. Ela contribui para o Conhecimento do Conteúdo (CK) ao aprofundar a compreensão do objeto matemático em suas múltiplas representações; dialoga com o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) ao orientar a escolha e a sequência das tarefas didáticas; e amplia o Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo (TPACK) ao justificar o uso de tecnologias digitais como meios para apresentar, explorar e articular diferentes registros de representação.

Quando o professor articula o TPACK às contribuições desse referencial, entrega ao aluno um planejamento de ensino mais robusto, coerente e intencional. Esse planejamento amplia as possibilidades de aprendizagem ao criar condições para que o aluno reconheça o objeto matemático em diferentes registros e realize conversões progressivas entre eles. Assim, a organização do ensino deixa de ser episódica ou intuitiva e passa a ser orientada

por critérios teóricos claros.

Reconhece-se, por fim, que não é objetivo deste trabalho esgotar todas as representações possíveis de um objeto matemático nem realizar uma análise epistemológica histórica aprofundada. A Teoria dos Registros de Representação Semiótica é mobilizada de forma sucinta, funcional e aplicada, como uma ferramenta teórica a serviço da organização do ensino. Nessa direção, entende-se que quanto mais variadas e articuladas forem as representações do objeto matemático mobilizadas no aplicativo educacional desenvolvido nesta pesquisa, maiores são as possibilidades de aprendizagem significativa.

3.4 Dificuldades na Aprendizagem da Função Afim

O estudo das dificuldades enfrentadas pelos estudantes na aprendizagem da função afim constitui um campo fértil para compreender como se dá, de fato, o processo de construção do conhecimento matemático. Longe de se tratar apenas de lapsos ocasionais, os erros que emergem nesse contexto são persistentes, sistemáticos e, muitas vezes, reveladores de concepções estruturadas que orientam a ação dos alunos. Por essa razão, a literatura recente tem privilegiado a análise de formas de pensar que, embora equivocadas, apresentam coerência interna e resistência à simples correção.

No âmbito do tratamento algébrico, observam-se fragilidades recorrentes em operações elementares. Erros na soma e subtração de frações, simplificações indevidas, transposições incorretas de termos e trocas de sinais estão entre os mais comuns (Soares (2019); Lima (2014); Portela (2018)). Não raro, tais dificuldades conduzem a generalizações indevidas, como a aplicação da fórmula de Bhaskara em equações lineares, o que indica um uso mecânico de procedimentos sem compreensão do objeto em questão.

Outro foco de dificuldade está relacionado à compreensão da raiz ou zero da função. Muitos estudantes não conseguem distinguir $f(x) = 5$ de $f(5)$, confundindo valor numérico com sentença algébrica (Costa (2022); Silva e Uggioni (2019)). O mesmo se observa na resolução de $ax + b = 0$, em que a transposição de termos e a interpretação gráfica da interseção com o eixo x aparecem como obstáculos frequentes.

No que se refere à interpretação dos coeficientes, os equívocos são múltiplos. A inclinação da reta é frequentemente calculada de forma invertida, com a razão $\Delta x/\Delta y$ em lugar de $\Delta y/\Delta x$ (Delgado, Friedmann e Lima (2010); Reis (2011)). Soma-se a isso a troca do sinal do coeficiente angular, fazendo com que retas ascendentes sejam representadas por funções decrescentes (Silva e Gouveia (2018)). O coeficiente linear, por sua vez, é comumente confundido com o ponto de cruzamento no eixo das abscissas, o que leva a funções incorretas (Oliveira e Justo (2015); Reis (2011)). Esses erros revelam a dificuldade de estabelecer correspondências corretas entre propriedades algébricas e elementos gráficos, sinalizando problemas recorrentes de conversão entre registros, conforme sistematizado no Quadro 3.14.

Quadro 3.14 – Erros característicos na interpretação de coeficientes e estrutura da função afim

Categoria	Exemplo de erro	Referências
Coeficiente angular (a) – inversão	Usar $\Delta x/\Delta y$ em vez de $\Delta y/\Delta x$: $f(x) = \frac{1}{2}x + 3$ em vez de $f(x) = 2x + 3$	Delgado, Friedmann e Lima (2010); Reis (2011)
Coeficiente angular (a) – sinal	Trocar o sinal: reta crescente escrita como decrescente, ex.: $f(x) = -2x + 3$	Silva e Gouveia (2018)
Coeficiente linear (b)	Confundir intercepto b com ponto em x: $f(x) = 2x - 4$ em vez de $f(x) = 2x + 3$	Oliveira e Justo (2015); Reis (2011)
Variáveis invertidas	Trocar papéis de x e y: $x = 2y + 3$	Florindo, Batista e Azevedo (2016)
Foco em ponto isolado	Ajustar equação apenas a um ponto do gráfico: $f(x) = x + 2$ (passa por $(0, 2)$, mas com inclinação incorreta)	Cardoso e Barreto (2019)
Redução ao caso particular	Usar um valor específico como geral: $f(x) = 11x$ em vez de $f(x) = 2,5x + b$	Calado e Rezende (2022)
Leitura invertida de coordenadas	Confundir as coordenadas (x, y): $f(x) = \frac{2}{5}x$	Reis (2011)
Ignorar termo constante	Omitir o coeficiente linear: $f(x) = 2x$ em vez de $f(x) = 2x + 5$	Cardoso e Barreto (2019)

Fonte: Elaboração própria segundo diferentes autores.

As conversões, de fato, aparecem como o núcleo das dificuldades. Vários estudos apontam que os estudantes não reconhecem a proporcionalidade constante em tabelas, não identificam o gráfico de uma reta como representação da função afim, nem conseguem elaborar uma expressão algébrica a partir de uma situação verbal ou de um gráfico (Delgado, Friedmann e Lima (2010); Cardoso e Barreto (2019); Reis (2011); Alves et al. (2019)). Em todos esses casos, o que está em jogo é a passagem de um registro a outro, frequentemente marcada por não-congruências que exigem reorganização das unidades significantes.

Em termos de generalização algébrica, nota-se a tendência de reduzir casos particulares a leis gerais, confundindo variáveis com constantes ou atribuindo valores específicos como se fossem universais. Assim, em lugar de uma lei do tipo $f(x) = 2,5x + b$, surgem expressões como $f(x) = 11x$, fruto de extrapolação indevida (Calado; Rezende, 2022).

Do ponto de vista gráfico, muitos alunos traçam parábolas em vez de retas, utilizam pontos invertidos ou desconsideram o coeficiente linear, ignorando sua função de deslocar a reta no plano (Silva e Gouveia (2018); Costa (2022); Oliveira e Justo (2015)). A interpretação de situações-problema em linguagem natural também revela dificuldades: enunciados cotidianos são traduzidos de forma equivocada, seja por omissão de termos fixos, seja pela confusão de grandezas em tabelas (Alves et al., (2019); Pontes (2008)).

Essas dificuldades não podem ser vistas apenas como falhas procedimentais. Muitas decorrem de obstáculos epistemológicos persistentes, como a concepção de que toda função deve ter a forma $y = ax + b$, a troca de papéis entre variáveis dependentes e independentes,

a interpretação da função como equação a ser resolvida e a leitura do gráfico como mero desenho aproximado (Florindo; Batista; Azevedo, 2016). Nesse quadro, não surpreende a omissão do termo constante ou a leitura invertida das coordenadas, erros que reforçam a tendência a simplificar a função afim à proporcionalidade direta.

A esses fatores somam-se as dificuldades em operações com frações, particularmente quando os coeficientes são racionais. Muitos alunos somam numeradores e denominadores diretamente, multiplicam inteiros por frações de forma inadequada ou não conseguem converter decimais em frações equivalentes, comprometendo a resolução de problemas simples (Portela, 2018). O estudo do sinal da função, por sua vez, é frequentemente conduzido por heurísticas locais: alunos classificam como crescente toda função cuja ordenada na origem seja positiva, desconsiderando o papel do coeficiente angular (Reis (2011); Silva e Uggioni (2019)).

Por fim, não se podem ignorar os aspectos atitudinais. Vários trabalhos relatam a falta de interesse, a ausência de participação ativa e a tendência de deixar questões em branco, mesmo após aulas sobre o conteúdo (Silva e Uggioni (2019); Costa (2022)). Isso sugere que, além das barreiras conceituais e procedimentais, há fatores motivacionais que agravam as dificuldades de aprendizagem.

Em síntese, os erros e formas de pensar equivocadas na aprendizagem da função afim não são aleatórios: eles se organizam em torno das dificuldades de tratamento, conversão e coordenação de registros, conforme assinala a Teoria dos Registros de Representação Semiótica. A análise dos coeficientes, da raiz, das operações algébricas e das conversões entre registros mostra que a verdadeira barreira não é o cálculo isolado, mas a compreensão do objeto matemático em múltiplas representações. Nesse horizonte, a análise de erros não é apenas uma ferramenta diagnóstica, mas uma estratégia pedagógica potente para revelar os obstáculos epistemológicos e orientar intervenções significativas, como se observa no conjunto de dificuldades e concepções equivocadas são sistematizado nos Quadros 3.15 e 3.16.

Quadro 3.15 – Dificuldades e erros recorrentes na aprendizagem da função afim

Categoria	Descrição e exemplos de erro	Referências
Tratamento algébrico	Fragilidades em operações básicas (soma de frações, simplificação, transposição de termos) e generalizações indevidas. Ex.: $\frac{x+5}{5} = x$; aplicar Bhaskara em função afim; erro em sinais ao isolar x.	Soares (2019); Lima (2014); Portela (2018)
Zero da função / raiz	Dificuldade em compreender e calcular o valor de x que anula a função. Ex.: confusão entre $f(x) = 5$ e $f(5)$; erros na transposição em $ax + b = 0$.	Costa (2022); Silva e Uggioni (2019)
Coeficientes a e b	Má interpretação do coeficiente angular e linear. Ex.: tomar o intercepto como inclinação; inverter a e b; associar crescimento ao intercepto em x.	(Delgado; Friedmann; Lima, 2010); Oliveira e Justo (2015); Reis (2011)
Conversões entre registros	Maior obstáculo: dificuldade em transitar entre algébrico, gráfico, tabular e verbal. Ex.: não reconhecer proporcionalidade em tabela; não identificar a reta como gráfico; não montar expressão a partir de gráfico ou texto.	Delgado, Friedmann e Lima (2010); Cardoso e Barreto (2019); (Reis, 2011); Alves et al. (2019)
Generalização algébrica	Redução de casos particulares a leis gerais equivocadas. Ex.: tratar "qualquer quantidade" como "11 pães"; somar constante com variável ($90x + 150 = 240x$).	Calado e Rezende (2022)
Representação gráfica	Dificuldade em construir e interpretar gráficos corretamente. Ex.: traçar parábolas em vez de retas; usar pontos invertidos; ignorar coeficiente linear.	Silva e Gouveia (2018); Costa (2022); Oliveira e Justo (2015)
Interpretação de situações-problema	Problemas ao traduzir enunciados da língua natural para linguagem matemática. Ex.: escrever $f(x) = 350 + 8$ em vez de $f(x) = 0,08x + 350$.	Alves et al. (2019) ; Pontes (2008)
Obstáculos epistemológicos	Concepções prévias aplicadas de forma inadequada. Ex.: tratar função como equação; trocar papéis de x e y; ver o gráfico como "desenho aproximado".	Florindo, Batista e Azevedo (2016)

Fonte: Elaboração própria segundo diferentes autores.

Quadro 3.16 – Dificuldades recorrentes na aprendizagem da função afim

(Continuação)

Categoria	Descrição e exemplos de erro	Referências
Operações com frações	Dificuldades específicas com coeficientes fracionários. Ex.: $5/6 - 2/3 = 3/3 = 1$; multiplicar numerador e denominador por inteiro em vez de só numerador.	Portela (2018)
Estudo do sinal / classificação	Erros ao identificar intervalos de positividade/negatividade e crescimento/decrescimento. Ex.: considerar que a função é crescente porque intercepta y em positivo.	Reis (2011); Silva e Uggioni (2019)
Aspectos atitudinais	Falta de interesse, atenção e participação ativa. Ex.: alunos erram mesmo questões já trabalhadas; muitos deixam em branco.	Silva e Uggioni (2019); Costa (2022)

Fonte: Elaboração própria segundo diferentes autores.

3.5 Aplicativos Educacionais e Dispositivos Móveis no Ensino de Matemática

As tecnologias móveis já não podem ser vistas como meros acessórios, periféricos de luxo ou ferramentas ocasionais. Elas se tornaram constitutivas da sociedade contemporânea, atravessando a forma como nos comunicamos, como trabalhamos e, inevitavelmente, como aprendemos.

O Brasil ilustra de forma contundente esse fenômeno: “uma pesquisa, divulgada em 2014, mostrou que, em apenas um ano, 20,5 milhões de brasileiros passaram a acessar a internet por celular ou tablet. O acesso pelo celular, no Brasil, quase dobrou em dois anos” (F/Nazca; Datafolha, 2014 *apud* (Silva; Batista, 2015)). Diante desse quadro, ainda faria sentido pensar o ensino apenas nos moldes tradicionais, restritos às quatro paredes da sala de aula?

É nesse ponto que a reflexão pedagógica ganha densidade. Como bem lembram Lobato e Pedro (2012 *apud* (Silva; Batista, 2015)), “esta nova sociedade requer uma educação formal que reconsidere a forma de entender o ensino, valorizando práticas e aprendizagens que ocorrem dentro e fora do ambiente escolar”. Eis o desafio e, ao mesmo tempo, a oportunidade: ampliar os horizontes do ensino para abarcar as linguagens, práticas e interações que emergem dessa cultura digital.

Na Matemática, esse movimento ganha especial relevo, pois trata-se de um campo historicamente marcado por dificuldades de abstração. Nesse sentido, os dispositivos móveis, ao possibilitarem representações dinâmicas e interativas, ampliam as condições de compreensão conceitual.

Neste cenário, os aplicativos educacionais emergem não como moda passageira, mas

como mediações legítimas de processos formativos. Defini-los é passo crucial para evitar ambiguidades. Silva e Batista (2015) lembram que se trata de "programas educacionais para matemática, desenvolvidos para dispositivos móveis [...] adotando-se aplicativo educacional como expressão equivalente a software educacional para dispositivos móveis". A definição é inclusiva e perspicaz, pois abarca tanto aqueles aplicativos nativamente desenhados para fins educacionais quanto aqueles originalmente criados para outros usos, mas que podem ser ressignificados no processo pedagógico.

O que dizer, por exemplo, de aplicativos de geolocalização utilizados em aulas de geografia, ou de leitores digitais empregados para a interpretação crítica de textos? Nesse sentido, o campo do ensino se amplia, abrindo espaço para atividades autênticas que dialogam com o cotidiano dos estudantes e não apenas com materiais didáticos convencionais.

Contudo, não se trata apenas de definir o conceito, mas de reconhecer o potencial pedagógico intrínseco aos dispositivos móveis. Se, por um lado, ainda se insiste em pensar a sala de aula como espaço rígido, centralizado no professor, por outro, cresce a evidência de que "os dispositivos móveis podem contribuir para mudar o paradigma da sala de aula tradicional, favorecendo uma aprendizagem mais personalizada" (Silva; Batista, 2015).

O que antes parecia uma promessa distante hoje se concretiza em práticas que privilegiam a interatividade, a mobilidade e o trabalho colaborativo. São características que, longe de meros recursos adicionais, reconfiguram a experiência de aprender, deslocando o estudante do papel de receptor para o de protagonista ativo do processo.

Experiências piloto têm mostrado que os alunos reconhecem "a simplicidade e praticidade da tecnologia móvel [...] e, também, seu potencial para interação e relacionamento com os colegas" (Silva; Batista, 2015). Não se trata apenas de um entusiasmo inicial ou de uma euforia passageira diante de um novo dispositivo; os relatos apontam para um alto grau de motivação e satisfação com a aprendizagem.

O caso do GeoGebra é particularmente ilustrativo: "a versão para tablets permite trabalhar tópicos matemáticos de forma dinâmica [...] disponível em vários idiomas, inclusive o português" (Silva; Batista, 2015). A força desse exemplo reside em demonstrar como a Matemática, muitas vezes vista como árida ou inacessível, pode ganhar vida por meio de manipulações visuais e dinâmicas, aproximando diferentes registros de representação — algébrico, gráfico, tabular — e promovendo uma compreensão mais profunda.

Mas convém não nos iludirmos. Se há potencial, também há riscos. Nem todo aplicativo que se apresenta como educacional, de fato, educa. Muitos deles "apresentam somente fórmulas; apenas realizam cálculos, sem favorecer a realização de atividades investigativas; contemplam partes muito específicas de um conteúdo; ou apresentam recursos que não funcionam como esperado" (Silva; Batista, 2015). Não é raro que, sob o rótulo de inovação, se escondam práticas reducionistas, tecnicistas e, em última instância, empobrecedoras do processo de ensino e aprendizagem.

O alerta de Nunes e Santos (2018) é certeiro: "nem todos os softwares educacionais propiciam a construção do conhecimento, sendo meramente jogos de estímulos/respostas". Se assim é, então o papel do professor permanece insubstituível. Afinal, "as avaliações de outros usuários, disponíveis no Google Play, são muito úteis, mas não substituem uma avaliação pessoal do professor" (Silva; Batista, 2015). A curadoria docente torna-se, portanto, condição *sine qua non* para a escolha criteriosa dos aplicativos, de modo que a tecnologia não se sobreponha ao pedagógico, mas o sirva.

É nesse horizonte que se torna evidente a exigência de uma formação crítica e consistente para o professor. Não basta acumular dispositivos, multiplicar aplicativos ou seguir tendências de mercado. O que se exige é capacidade de discernimento, de avaliação intencional e de integração criativa entre tecnologia, pedagogia e conteúdo.

Cherner, Dix e Lee (2014) são contundentes ao afirmar: *teacher educators must prepare teacher candidates to make informed decisions as to how and why they integrate apps into their teaching practices.* "Os formadores de professores devem preparar os candidatos a professores para tomarem decisões informadas sobre como e por que integrar aplicativos em suas práticas de ensino." (*Tradução livre realizada com o apoio do Google Tradutor*)

Mais ainda, os autores acrescentam que uma classificação alinhada ao modelo TPACK "reconheceria essas sutis nuances".

A responsabilidade maior recai, portanto, sobre a formação docente, pois é ela que definirá se a tecnologia será apenas ornamento ou se, de fato, se converterá em instrumento para uma aprendizagem mais significativa.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente investigação trata-se de uma pesquisa aplicada, orientada para a solução de um problema concreto no ensino de Matemática (Gil, 2008). Assume caráter descritivo, pois busca identificar e organizar as características do fenômeno estudado. A abordagem é mista, articulando procedimentos qualitativos e quantitativos em complementaridade (Prodanov; Freitas, 2013).

No plano qualitativo, o estudo possui traços exploratórios, adequados à compreensão inicial das práticas e percepções dos participantes (Minayo, 1992). No plano quantitativo, adota procedimentos descritivos para sistematizar os dados obtidos. O trabalho foi desenvolvido como pesquisa de campo, com coleta direta junto aos sujeitos em seu ambiente de atuação (Lakatos; Marconi, 2003).

Está organizado em três etapas principais:

(i) Revisão bibliográfica e documental – levantamento de autores de base sobre conhecimento pedagógico e tecnológico (Shulman, 2015; Mishra; Koehler, 2006; Coutinho, 2011), sobre registros de representação semiótica (Duval; Moretti, 2012; Amplatz, 2020) e sobre currículo e tecnologias educacionais (BNCC, Brasil, 2018), além da síntese de estudos anteriores sobre dificuldades na aprendizagem da Função Afim (Delgado; Friedmann; Lima, 2010; Alves et al., 2019; Costa, 2022; Silva; Uggioni, 2019). Essa etapa fornece o enquadramento teórico e curricular que orienta a investigação.

(ii) Aplicação de questionários diagnósticos – aplicação a professores da região Meio-Norte (MA/PI), estruturados em eixos de análise: perfil, práticas metodológicas, avaliação e objeto de ensino, com o objetivo de caracterizar a realidade local e identificar dificuldades recorrentes na Função Afim.

(iii) Validação do produto educacional – especificação pedagógica orientada por TPACK e TRRS (Mishra; Koehler, 2006; Duval; Moretti, 2012) e prototipagem do *Conversor Afim* no App Inventor. O protótipo será analisado por meio de um plano de validação que abrange validade de conteúdo, usabilidade e percepção de professores e graduandos, fundamentado em critérios de qualidade pedagógica e tecnológica e no modelo de ação e raciocínio pedagógico de Shulman (1987).

O foco da pesquisa é compreender o perfil e as práticas de professores de Matemática da região Meio-Norte (Maranhão e Piauí), em dois períodos distintos, e identificar dificuldades no ensino da função afim. Esses dados forneceram subsídios para a concepção do aplicativo *Conversor Afim*, pensado como resposta às lacunas diagnosticadas.

Universo da pesquisa

O universo da pesquisa abrange professores de Matemática atuantes na região Meio-Norte do Brasil, especificamente aqueles vinculados às redes estadual e federal de ensino, nos estados do Maranhão e do Piauí. Trata-se de um recorte geográfico e institucional marcado pela diversidade de contextos de atuação e por desafios persistentes no ensino de Matemática.

Amostra e recorte temporal

A amostra foi composta por 60 professores de Matemática, distribuídos em dois momentos distintos:

- 2020: 30 professores participaram do levantamento inicial;
- 2025: outros 30 professores contribuíram na atualização dos dados.

Esse recorte de cinco anos possibilitou identificar permanências e mudanças no perfil docente e nas práticas pedagógicas, fornecendo um panorama mais consistente da realidade investigada.

Sujeitos da pesquisa

Os participantes atuam no Ensino Fundamental II, Ensino Médio e Ensino Técnico Integrado, contemplando diferentes trajetórias formativas e vínculos profissionais. A caracterização do perfil considerou variáveis como: *sexo, idade, formação acadêmica, tempo de atuação docente, vínculo empregatício e uso de tecnologias digitais*. Esses dados foram sintetizados em gráficos e tabelas, permitindo visualizar, por exemplo, a distribuição entre homens e mulheres, o tempo médio de experiência e a titulação predominante.

Instrumento de coleta de dados

O instrumento central da pesquisa foi um questionário estruturado, elaborado pelo pesquisador e validado em etapas piloto. Ele foi organizado em quatro blocos principais:

O questionário estruturado foi organizado em quatro blocos temáticos. O primeiro bloco concentrou-se no perfil profissional e acadêmico, com o objetivo de levantar dados básicos de caracterização dos docentes, como sexo, idade, formação inicial e continuada, tempo de serviço e vínculo institucional. Questões como "Qual sua formação inicial?" e "Qual o tempo de atuação como professor de Matemática?" exemplificam esse conjunto.

O segundo bloco tratou das práticas pedagógicas, buscando mapear as estratégias de ensino utilizadas em sala de aula, as formas de iniciar as atividades, os recursos didáticos mais recorrentes e as práticas avaliativas adotadas. Entre as questões propostas, destacam-se: "Como você costuma iniciar suas aulas de Matemática?" e "Quais recursos utiliza com maior frequência?".

O terceiro bloco abordou a formação continuada e a percepção sobre o ensino de Matemática, de modo a investigar oportunidades de atualização docente e compreender como os professores avaliam a relevância da disciplina. Exemplos de perguntas incluem: "Você participou de formações continuadas nos últimos anos?" e "Como avalia a relevância da Matemática para a formação dos alunos?".

Por fim, o quarto bloco voltou-se especificamente aos subtópicos da função afim, em formato de checklist, no qual os professores indicaram se costumam ensinar cada tópico e avaliaram o grau de dificuldade percebido entre os alunos (muito fácil, fácil, difícil, muito difícil). Questões como "Você ensina o conceito de coeficiente angular?" e "Como avalia a dificuldade dos alunos nesse conteúdo?" exemplificam esse conjunto.

Além disso, o questionário incluiu questões abertas, nas quais os professores relataram as maiores dificuldades de seus alunos em função afim e sugeriram possíveis estratégias de superação.

Procedimentos de análise

As respostas foram analisadas de forma complementar:

- Quantitativamente, por meio de estatística descritiva (médias, frequências e percentuais), com os resultados apresentados em tabelas e gráficos.
- Qualitativamente, por meio da análise de conteúdo (BARDIN, 2016), que permitiu a categorização das respostas abertas, revelando percepções recorrentes sobre dificuldades e práticas de ensino.

Essa triangulação possibilitou identificar não apenas tendências numéricas, mas também interpretações pedagógicas mais profundas.

Questões éticas

Os participantes foram convidados a colaborar de forma voluntária, assegurando-lhes anonimato e confidencialidade das informações. Antes da aplicação, receberam explicações sobre os objetivos da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A investigação foi conduzida em conformidade com a Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde.

Aspectos técnicos

A coleta foi realizada em formato digital, por meio de formulários eletrônicos acessíveis em computadores e dispositivos móveis, o que ampliou a abrangência da amostra e facilitou a consolidação automática das respostas. Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e analisados com o apoio de softwares estatísticos básicos, além de categorização manual das respostas abertas.

Conexão com o produto educacional

Os resultados obtidos orientaram o desenvolvimento do aplicativo *Conversor Afim*. Os subtópicos mais problemáticos, como interpretação dos coeficientes e conversão entre registros, foram priorizados no design do protótipo, de modo a atender às necessidades diagnosticadas.

5 ANÁLISE DA PESQUISA DIAGNÓSTICA

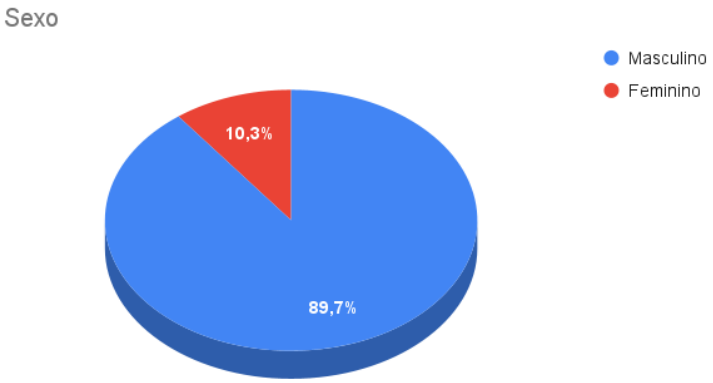
Este capítulo tem por objetivo apresentar e analisar os resultados da pesquisa diagnóstica, realizada em duas etapas distintas: 2020 e 2025. A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário semiestruturado, cujas questões compõem um dos quatro eixos temáticos:

- Perfil socioprofissional docente: sexo, faixa etária, escolaridade, formação acadêmica (graduação, especialização, mestrado e doutorado), anos de conclusão das formações e tempo de serviço.
- Práticas pedagógicas: forma de iniciar as aulas, critérios de seleção de conteúdos, instrumentos de avaliação e estratégias de fixação.
- Percepções sobre dificuldades de ensino e aprendizagem: principais dificuldades dos alunos, interesse pela Matemática, percepção da disciplina como difícil de ensinar e análise dos subtópicos da Função Afim.
- Formação continuada: oferta de cursos pela rede de ensino e frequência de participação dos professores.

5.1 Primeira etapa: pesquisa de 2020

A análise dos dados coletados junto aos professores em 2020 permite delinear um quadro revelador do perfil docente da Matemática no contexto investigado. Não se trata apenas de números, mas de compreender quem são esses sujeitos, quais percursos formativos os constituíram e como se posicionam diante dos desafios do ensino da função afim. O questionário aplicado abrangeu dimensões pessoais e profissionais — sexo, idade, tempo de atuação, formação acadêmica — bem como aspectos pedagógicos, metodológicos e tecnológicos. Nesse sentido, a organização dos resultados em blocos temáticos, ilustrados por gráficos, possibilita uma leitura progressiva que parte da caracterização do perfil docente, avança para as práticas pedagógicas e culmina na relação com as tecnologias digitais, abrindo espaço para reflexões sobre o contexto em que se insere a proposta deste trabalho.

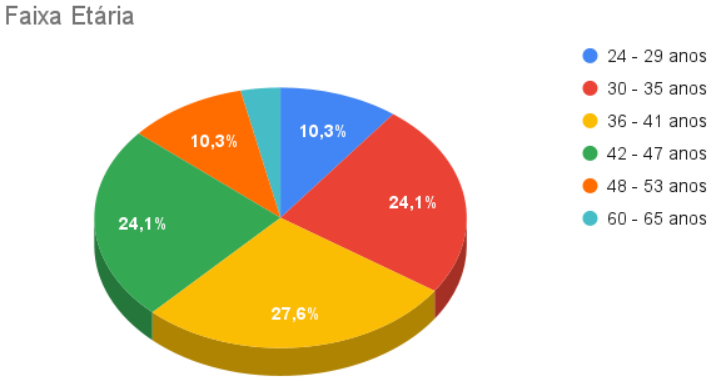
Figura 5.1 – Distribuição por sexo dos professores respondentes (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.1) mostra a distribuição por sexo dos professores que responderam ao questionário de 2020.
Masculino: 26 professores (89,7%) *Feminino:* 3 professoras (10,3%).
Observa-se que a maioria dos participantes é do sexo masculino. Percebe-se, assim, uma acentuada predominância masculina entre os respondentes, o que sugere um traço marcante do perfil docente da Matemática no contexto pesquisado.

Figura 5.2 – Distribuição por faixa etária dos professores respondentes (2020)

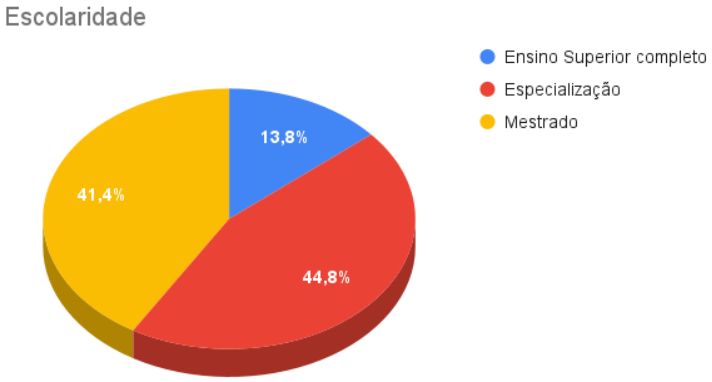


Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.2) mostra a distribuição por faixa etária dos professores que responderam ao questionário de 2020.
24–29 anos: 3 professores (10,3%) *30–35 anos:* 7 professores (24,1%) *36–41 anos:* 8 professores (27,6%) *42–47 anos:* 7 professores (24,1%) *48–53 anos:* 3 professores (10,3%) *60–65 anos:* 1 professor (3,4%).

Observa-se que a maioria dos professores concentra-se nas faixas de 30 a 47 anos, que, somadas, correspondem a mais de 75% do total de respondentes. Esse dado indica que o grupo se encontra majoritariamente em fase de maturidade profissional.

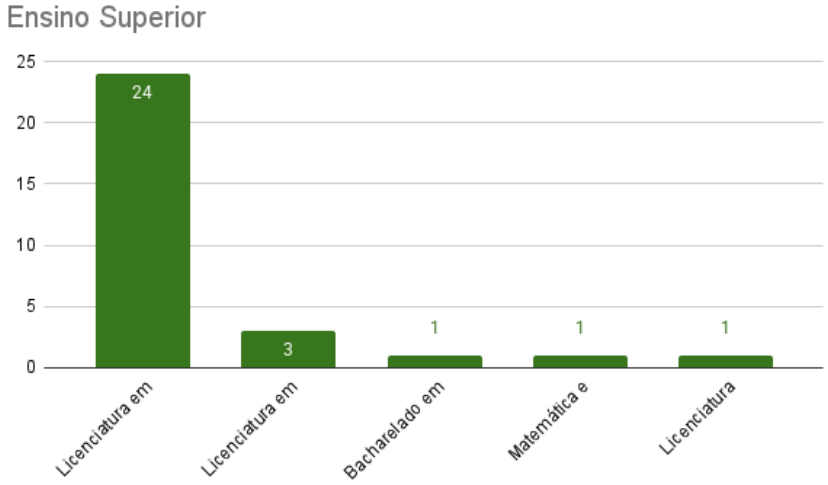
Figura 5.3 – Distribuição por nível de escolaridade dos professores respondentes (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.3) mostra a distribuição por nível de escolaridade dos professores que responderam ao questionário de 2020.
Ensino Superior: 4 professores (13,8%) *Especialização:* 13 professores (44,8%) *Mestrado:* 12 professores (41,4%).
Observa-se que a maioria dos participantes possui formação em nível de pós-graduação, seja especialização ou mestrado, representando mais de 86% do total. Esse dado indica um corpo docente com trajetória acadêmica consolidada, o que reforça a qualificação profissional no contexto pesquisado.

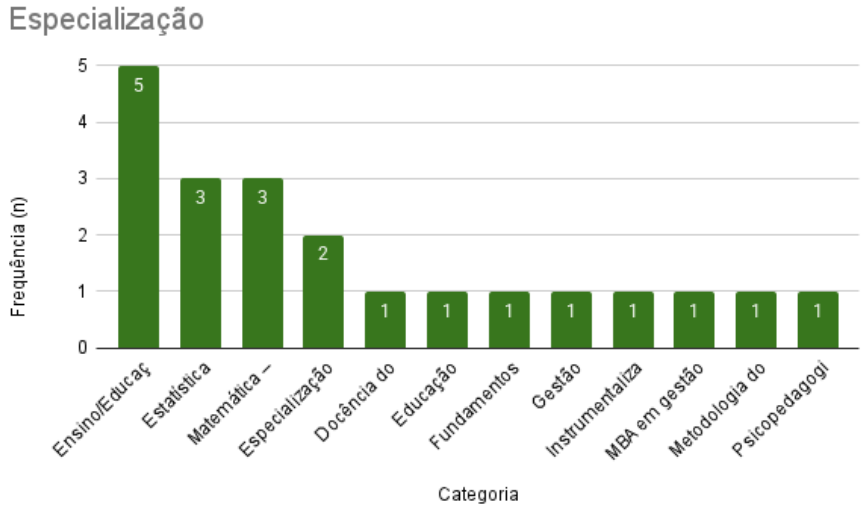
Figura 5.4 – Formação em nível de Ensino Superior dos professores respondentes (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de barras (Figura 5.4) mostra a formação em nível de Ensino Superior dos professores que responderam ao questionário de 2020.
Licenciatura em Matemática: 24 professores (82,8%) *Licenciatura em outras áreas:* 3 professores (10,3%) *Bacharelado em Matemática:* 1 professor (3,4%) *Matemática e outra área associada:* 1 professor (3,4%) *Licenciatura sem especificação:* 1 professor (3,4%).
Observa-se a predominância expressiva da Licenciatura em Matemática, que corresponde a mais de quatro quintos dos respondentes. Esse dado evidencia que a formação inicial do grupo pesquisado está vinculada à área específica da disciplina, conferindo solidez ao conhecimento do conteúdo matemático.

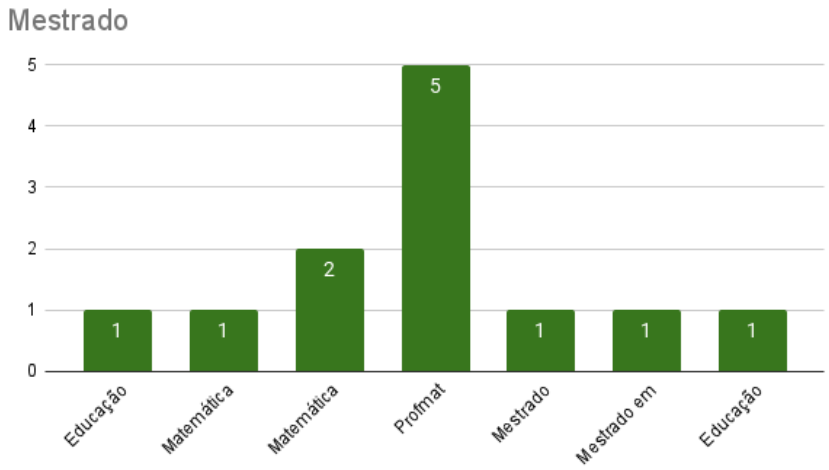
Figura 5.5 – Distribuição das especializações declaradas pelos professores respondentes (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de barras (Figura 5.5) mostra a distribuição das especializações declaradas pelos professores que responderam ao questionário de 2020.
Ensino/Educação: 5 professores (17,2%) *Estatística:* 3 professores (10,3%) *Matemática:* 3 professores (10,3%) *Especialização não especificada:* 2 professores (6,9%) *Docência:* 1 professor (3,4%) *Educação Especial:* 1 professor (3,4%) *Fundamentos de Matemática:* 1 professor (3,4%) *Gestão:* 1 professor (3,4%) *Instrumentalização para Matemática e Física:* 1 professor (3,4%) *MBA em Gestão:* 1 professor (3,4%) *Metodologia do Ensino de Matemática e Física:* 1 professor (3,4%) *Psicopedagogia:* 1 professor (3,4%).
Observa-se que há maior concentração nas áreas de Ensino/Educação, Estatística e Matemática, que juntas correspondem a mais de um terço dos respondentes. Esse dado sugere que as especializações realizadas reforçam a formação específica na área de Matemática, ao mesmo tempo em que ampliam horizontes para práticas educativas e de gestão.

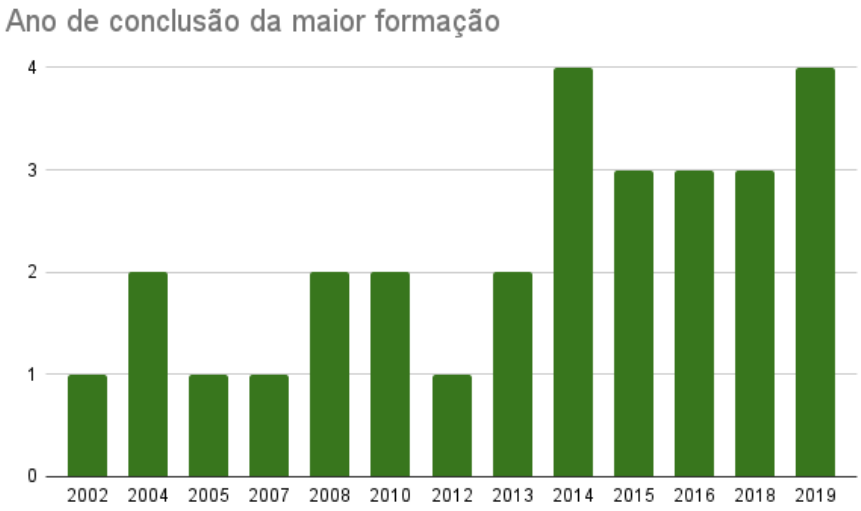
Figura 5.6 – Distribuição das áreas de mestrado dos professores respondentes (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de barras (Figura 5.6) mostra a distribuição das áreas de mestrado cursadas pelos professores que responderam ao questionário de 2020.
Educação: 1 professor (8,3%) *Matemática (acadêmico):* 1 professor (8,3%) *Matemática (outro):* 2 professores (16,7%) *Profmat:* 5 professores (41,7%) *Mestrado não especificado:* 1 professor (8,3%) *Mestrado em Educação:* 1 professor (8,3%) *Educação (outra menção):* 1 professor (8,3%).
Observa-se que a maior concentração encontra-se no Profmat, que sozinho reúne mais de 40% dos respondentes. Esse dado evidencia a relevância do mestrado profissional como caminho de formação continuada para professores de Matemática, em comparação aos programas acadêmicos tradicionais.

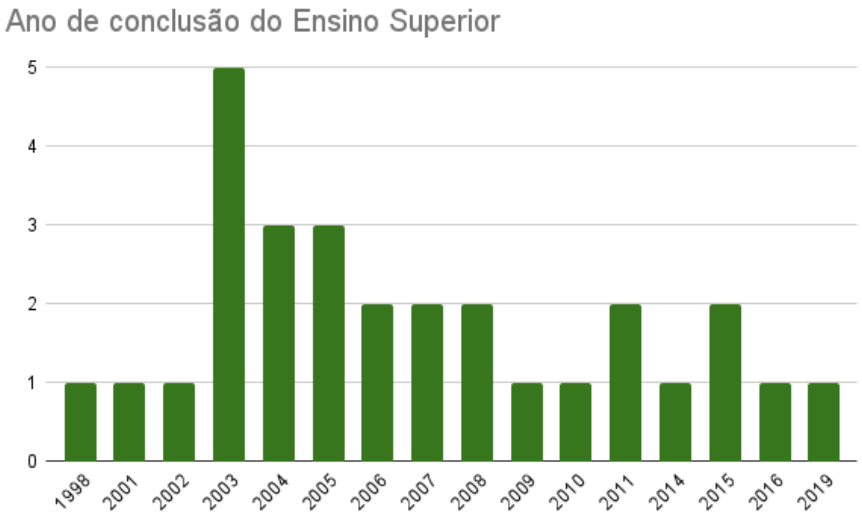
Figura 5.7 – Ano de conclusão da maior formação dos professores respondentes (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de barras (Figura 5.7) mostra o ano de conclusão da maior formação dos professores que responderam ao questionário de 2020.
2002: 1 professor (3,4%) *2004:* 2 professores (6,9%) *2005:* 1 professor (3,4%) *2007:* 1 professor (3,4%) *2008:* 2 professores (6,9%) *2010:* 2 professores (6,9%) *2012:* 1 professor (3,4%) *2013:* 2 professores (6,9%) *2014:* 4 professores (13,8%) *2015:* 3 professores (10,3%) *2016:* 3 professores (10,3%) *2018:* 3 professores (10,3%) *2019:* 4 professores (13,8%).
Observa-se que a maior parte das conclusões está concentrada entre 2014 e 2019, período que reúne mais da metade dos respondentes. Esse dado sugere uma formação relativamente recente para grande parte do grupo, o que pode refletir maior familiaridade com práticas atuais de ensino e com a incorporação de tecnologias educacionais.

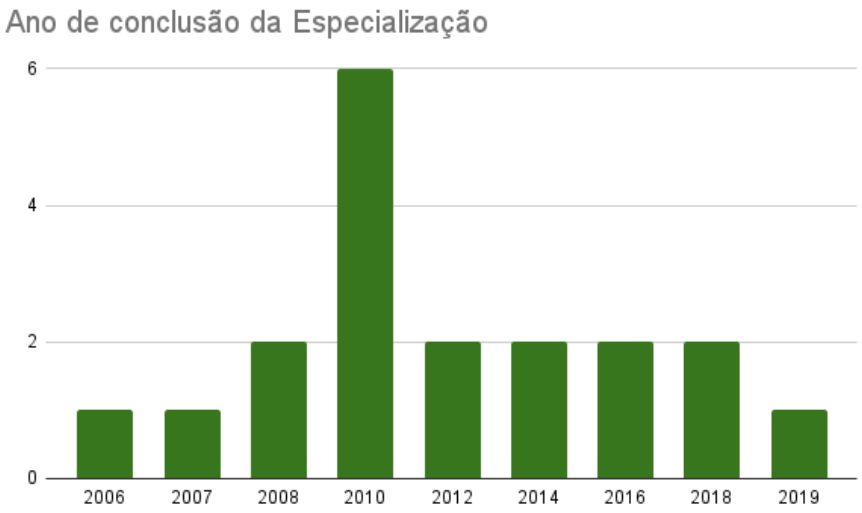
Figura 5.8 – Ano de conclusão do Ensino Superior dos professores respondentes (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de barras (Figura 5.8) mostra o ano de conclusão do curso de Ensino Superior dos professores que responderam ao questionário de 2020.
1998: 1 professor (3,4%) *2001:* 1 professor (3,4%) *2002:* 1 professor (3,4%) *2003:* 5 professores (17,2%) *2004:* 3 professores (10,3%) *2005:* 3 professores (10,3%) *2006:* 2 professores (6,9%) *2007:* 2 professores (6,9%) *2008:* 2 professores (6,9%) *2009:* 1 professor (3,4%) *2010:* 1 professor (3,4%) *2011:* 1 professor (3,4%) *2014:* 2 professores (6,9%) *2015:* 1 professor (3,4%) *2016:* 2 professores (6,9%) *2019:* 1 professor (3,4%).
Observa-se uma dispersão significativa dos anos de conclusão, embora haja concentração maior em 2003, com 17,2% dos respondentes. Esse dado evidencia a diversidade temporal na formação inicial, reunindo tanto professores com mais tempo de experiência quanto aqueles que concluíram a graduação em anos mais recentes.

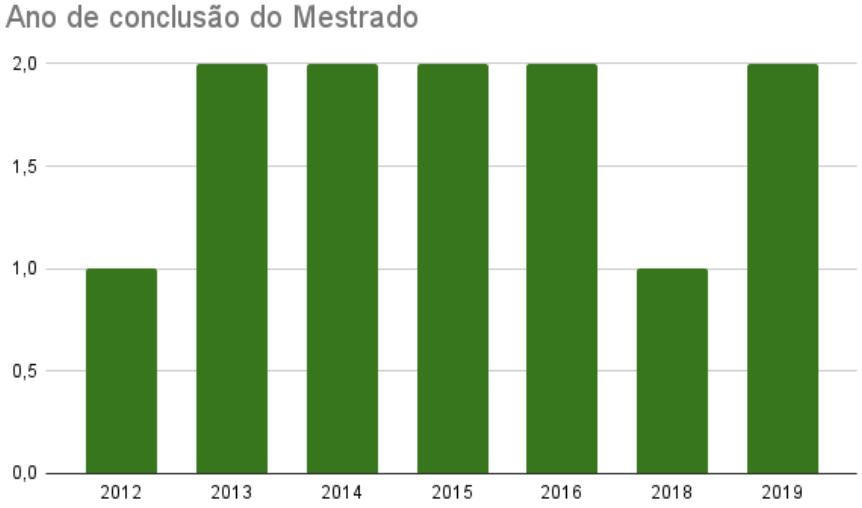
Figura 5.9 – Ano de conclusão da especialização dos professores respondentes (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de barras (Figura 5.9) mostra o ano de conclusão da especialização dos professores que responderam ao questionário de 2020.
2006: 1 professor (3,4%) *2007:* 1 professor (3,4%) *2008:* 2 professores (6,9%) *2010:* 6 professores (20,7%) *2012:* 2 professores (6,9%) *2014:* 2 professores (6,9%) *2016:* 2 professores (6,9%) *2018:* 2 professores (6,9%) *2019:* 1 professor (3,4%).
Observa-se que o ano de 2010 concentra o maior número de conclusões, reunindo mais de 20% dos participantes. Esse dado sugere que a formação em nível de especialização teve um período de maior procura nesse ano, ao passo que nos demais a distribuição permaneceu mais homogênea.

Figura 5.10 – Ano de conclusão do mestrado dos professores respondentes (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de barras (Figura 5.10) mostra o ano de conclusão do mestrado dos professores que responderam ao questionário de 2020.
2012: 1 professor (8,3%) *2013:* 2 professores (16,7%) *2014:* 2 professores (16,7%) *2015:* 2 professores (16,7%) *2016:* 2 professores (16,7%) *2018:* 1 professor (8,3%) *2019:* 2 professores (16,7%).
Observa-se que a maioria das conclusões se distribui entre 2013 e 2019, período que concentra mais de 90% dos respondentes. Esse dado indica que os docentes concluíram sua formação *stricto sensu* em anos recentes, o que pode favorecer maior atualização teórica e metodológica em suas práticas.

Figura 5.11 – Tempo de serviço como professor dos respondentes (2020)

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

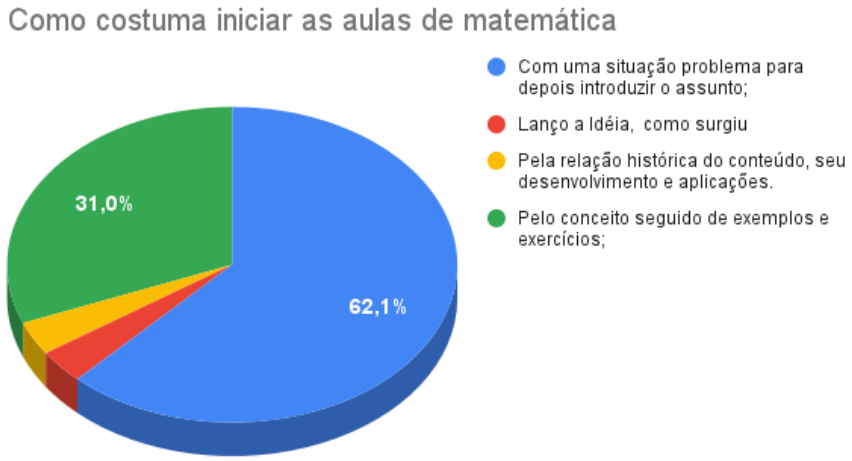
Esse gráfico de pizza (Figura 5.11) mostra o tempo de serviço como professor dos participantes que responderam ao questionário de 2020.
1–5 anos: 3 professores (10,7%) *6–10 anos:* 4 professores (14,3%) *11–15 anos:* 9 professores (32,1%) *16–20 anos:* 8 professores (28,6%) *21–25 anos:* 4 professores (14,3%).
Observa-se que a maior parte dos professores possui entre 11 e 20 anos de experiência, correspondendo a mais de 60% dos respondentes. Esse dado sugere um grupo com trajetória consolidada na docência, reunindo vivência significativa em sala de aula.

O perfil docente delineado a partir da pesquisa de 2020 revela um quadro majoritariamente masculino, com 89,7% dos participantes do sexo masculino e apenas 10,3% do sexo feminino. Em relação à faixa etária, observa-se maior concentração entre 31 e 40 anos, compondo um grupo em plena maturidade profissional, enquanto são menos expressivos os extremos de idade. Quanto à formação, a maioria possui graduação em Matemática ou áreas correlatas, acrescida de cursos de especialização, embora poucos tenham alcançado o nível de mestrado e apenas um se encontre em processo de doutoramento. O ano de

conclusão dessas formações indica trajetórias consolidadas, sobretudo entre os anos 2000 e 2010, o que se reflete em um corpo docente com experiência significativa: grande parte já soma mais de uma década de atuação em sala de aula, havendo casos que ultrapassam vinte anos de serviço.

Em síntese, trata-se de um grupo de professores experientes, de formação consolidada e situado em uma faixa etária intermediária, cuja prática docente antecede a implementação da BNCC (2018). Tal constatação sugere a necessidade de constante atualização, a fim de alinhar as experiências já sedimentadas às novas diretrizes curriculares e às demandas contemporâneas do ensino de Matemática.

Figura 5.12 – Formas de início das aulas de Matemática relatadas pelos professores (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.12) mostra como os professores costumam iniciar suas aulas de Matemática, de acordo com os respondentes do questionário de 2020.
Com uma situação-problema para depois introduzir o assunto: 18 professores (62,1%) *Pelo conceito seguido de exemplos e exercícios:* 9 professores (31,0%) *Pela relação histórica do conteúdo, seu desenvolvimento e aplicações:* 1 professor (3,4%) *Lanço a ideia, como surgiu:* 1 professor (3,4%).

Observa-se que a maioria dos professores inicia suas aulas a partir de situações-problema, prática mencionada por mais de 60% dos respondentes. Esse dado sugere uma preferência pela contextualização inicial do conteúdo, enquanto uma parcela menor adota o caminho conceitual ou histórico.

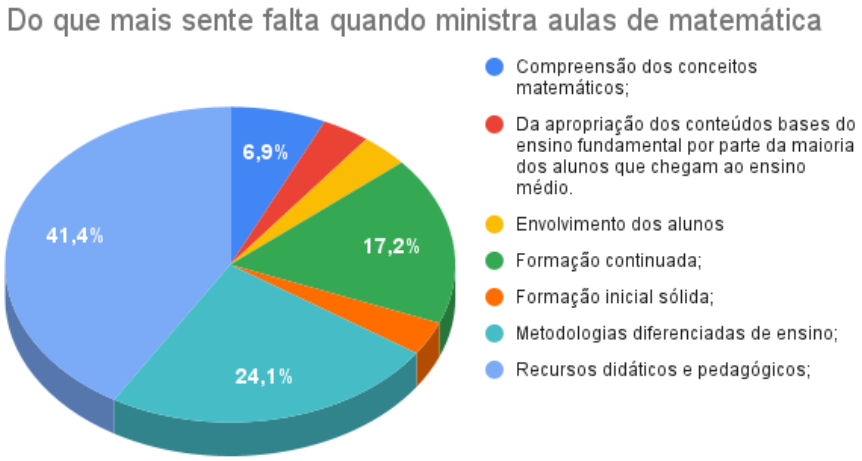
Nesse sentido, vale destacar que a BNCC (Brasil, 2018) sublinha que as aprendizagens essenciais apenas se concretizam por meio do currículo em ação, isto é, das decisões que adequam as proposições nacionais à realidade local e às características dos estudantes. Entre essas decisões, o documento orienta os professores a:

> "Contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas." (Brasil, 2018, p, 16).

> "Conceber e pôr em prática situações e procedimentos para motivar e engajar os alunos nas aprendizagens." (Brasil, 2018, p, 17).

Assim, a prática docente observada não apenas reflete uma escolha metodológica, mas também revela uma sintonia com a perspectiva de currículo em ação defendida pela BNCC, reforçando a importância de contextualizar e engajar os estudantes no processo de aprendizagem matemática.

Figura 5.13 – Aspectos que os professores mais sentem falta ao ministrar aulas de Matemática (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.13) mostra os principais aspectos que os professores afirmaram sentir falta ao ministrar aulas de Matemática, de acordo com o questionário de 2020.

Recursos didáticos e pedagógicos: 12 professores (41,4%) *Metodologias diferenciadas de ensino:* 7 professores (24,1%) *Formação continuada:* 5 professores (17,2%) *Envolvimento dos alunos:* 2 professores (6,9%) *Compreensão dos conceitos matemáticos:* 2 professores (6,9%) *Da apropriação dos conteúdos do ensino fundamental:* 1 professor (3,4%) *Formação inicial sólida:* 1 professor (3,4%).

Observa-se que as maiores carências apontadas concentram-se na falta de recursos didáticos e metodológicos, que juntos somam mais de 65% das respostas. Esse dado sugere que os professores reconhecem a necessidade de apoio material e de estratégias diversificadas para tornar o ensino de Matemática mais eficaz e atraente. Nesse sentido,

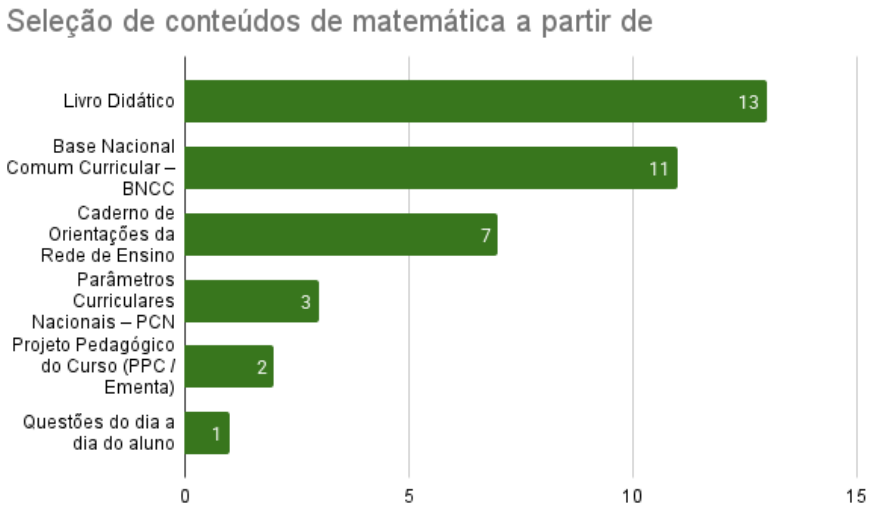
o que se identifica como lacuna na prática docente relaciona-se ao que prevê a BNCC (Brasil, 2018), que orienta os professores a:

> "Selecionar e aplicar metodologias e estratégias didático-pedagógicas diversificadas, recorrendo a ritmos diferenciados e a conteúdos complementares, se necessário, para trabalhar com as necessidades de diferentes grupos de alunos, suas famílias e cultura de origem, suas comunidades, seus grupos de socialização etc." (Brasil, 2018, p, 17).

> "Selecionar, produzir, aplicar e avaliar recursos didáticos e tecnológicos para apoiar o processo de ensinar e aprender." (Brasil, 2018, p, 17).

Assim, a ausência de condições materiais e metodológicas relatada pelos professores representa um obstáculo à efetivação das próprias competências preconizadas no currículo nacional, evidenciando a necessidade de políticas de apoio e de formação continuada que favoreçam o uso de metodologias diversificadas e de recursos adequados ao ensino da Matemática.

Figura 5.14 – Referências utilizadas na seleção de conteúdos de Matemática pelos professores (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de barras (Figura 5.14) mostra as principais referências utilizadas pelos professores para a seleção de conteúdos de Matemática, segundo os respondentes do questionário de 2020.

Livro didático: 13 professores (44,8%) *Base Nacional Comum Curricular – BNCC:* 11 professores (37,9%) *Caderno de orientações da rede de ensino:* 7 professores (24,1%) *Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN:* 3 professores (10,3%) *Projeto Pedagógico do Curso (PPC / Ementa):* 2 professores (6,9%) *Questões do dia a dia do aluno:* 1 professor (3,4%).

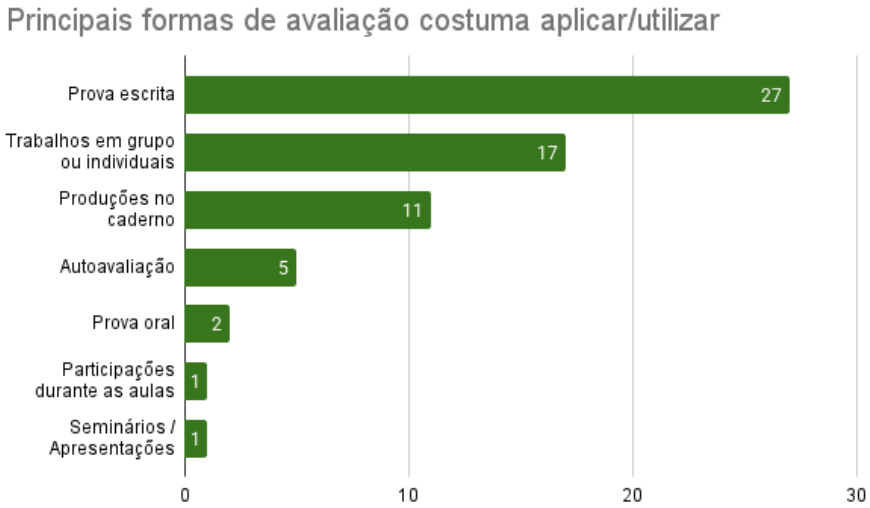
Observa-se que a seleção de conteúdos se apoia fortemente em documentos e materiais estruturantes, com destaque para o livro didático e a BNCC, que juntos correspondem a mais de 80% das respostas. Esse dado sugere que, no contexto pesquisado, os professores priorizam referências institucionais consolidadas em detrimento de abordagens mais contextuais ou locais. Nesse sentido, para além da política pública, os livros constituem referência pedagógica estável, organizam o currículo e oferecem múltiplas representações – tabelas, gráficos, imagens e exercícios – que norteiam o planejamento docente e servem de suporte seguro para os estudantes.

De forma complementar, a BNCC deve ser compreendida como referência nacional para a formulação dos currículos dos sistemas e das redes escolares, integrando a política nacional da Educação Básica e contribuindo para o alinhamento de ações em âmbito federal, estadual e municipal, inclusive no que se refere à formação de professores, à avaliação, à elaboração de conteúdos educacionais e à definição de critérios de infraestrutura adequada:

> "A BNCC integra a política nacional da Educação Básica e vai contribuir para o alinhamento de outras políticas e ações, em âmbito federal, estadual e municipal, referentes à formação de professores, à avaliação, à elaboração de conteúdos educacionais e aos critérios para a oferta de infraestrutura adequada para o pleno desenvolvimento da educação." (Brasil, 2018, p. 8).

Assim, constata-se que a prática docente se ancora em bases normativas e materiais consolidados, o que garante estabilidade ao planejamento, mas pode limitar a incorporação de referenciais mais próximos da realidade dos estudantes.

Figura 5.15 – Principais formas de avaliação utilizadas pelos professores de Matemática (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de barras (Figura 5.15) mostra as principais formas de avaliação utilizadas pelos professores de Matemática, conforme os respondentes do questionário de 2020.

Prova escrita: 27 professores (93,1%) *Trabalhos em grupo ou individuais:* 17 professores (58,6%) *Produções no caderno:* 11 professores (37,9%) *Autoavaliação:* 5 professores (17,2%) *Prova oral:* 2 professores (6,9%) *Participações durante as aulas:* 1 professor (3,4%) *Seminários / Apresentações:* 1 professor (3,4%).

Observa-se a predominância da prova escrita como principal forma de avaliação, mencionada por mais de 90% dos professores, seguida de trabalhos em grupo ou individuais. Esse dado sugere que, embora existam práticas avaliativas diversificadas, prevalece a centralidade dos instrumentos convencionais no processo avaliativo. Essa constatação encontra diálogo com as orientações dos PCN+ Matemática, que ressaltam a avaliação como dimensão inseparável do ensino e da aprendizagem, devendo ser contínua, sistemática e coerente com a linha pedagógica adotada.

> Outro aspecto de caráter geral é a avaliação do ensino e da aprendizagem, que deve ser coerente com a linha pedagógica sugerida. Assim, é necessário que o professor e o aluno percebam, durante esse processo, quais e como os conhecimentos foram construídos, de modo sistemático e contínuo. Uma aula com diálogo, na qual os alunos fazem uso da palavra para manifestar suas ideias., pode ser fonte de informação para o professor conhecer como pensam seus alunos, podendo detectar suas dificuldades, problemas de aprendizagem e interesses. Apresentações escritas e orais feitas pelos alunos também podem dar pistas ao professor de conceitos malformados, possíveis lacunas, e servir como instrumento de replanejamento de ações. Igualmente importantes são as auto-avaliações, em que os estudantes têm a oportunidade não apenas de reconhecer e manifestar suas próprias dificuldades, como de compreender a necessidade das avaliações no ensino e em outras atividades da vida no trabalho ou social. (Brasil, 2002, p. 110).

Assim, percebe-se que, embora haja iniciativas pontuais de diversificação avaliativa, o quadro ainda é marcado por uma forte tradição conteudista, o que reforça a importância de estimular práticas mais formativas e participativas, em sintonia com os referenciais curriculares.

Figura 5.16 – Estratégias utilizadas para fixar o conteúdo ministrado (2020)

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.16) mostra as principais estratégias utilizadas pelos professores para fixar o conteúdo ministrado, segundo os respondentes do questionário de 2020.

Apresentar lista de exercícios: 18 professores (60,0%) *Mandar resolver exercícios do livro didático:* 10 professores (33,3%) *Propor resolução com softwares:* 1 professor (3,3%) *Atividade escrita com questões abertas:* 1 professor (3,3%).

Observa-se que a fixação dos conteúdos ainda se concentra em práticas convencionais, especialmente na resolução de listas e exercícios do livro, enquanto o uso de softwares e atividades abertas aparece de forma bastante marginal. Esse dado evidencia que, embora haja espaço para inovação, a predominância continua sendo de abordagens convencionais de fixação. Nesse sentido, destaca-se que a BNCC (Brasil, 2018). prevê, em diferentes habilidades da área de Matemática, a utilização de softwares e recursos tecnológicos como meios para apoiar a aprendizagem, o que se alinha também às competências gerais que orientam a ação docente a:

> "Conceber e pôr em prática situações e procedimentos para motivar e engajar os alunos nas aprendizagens." (Brasil, 2018, p. 17).

> "Selecionar, produzir, aplicar e avaliar recursos didáticos e tecnológicos para apoiar o processo de ensinar e aprender." (Brasil, 2018, p. 17).

Assim, constata-se um descompasso entre as práticas efetivamente adotadas e as orientações curriculares vigentes, o que reforça a necessidade de ampliar o uso pedagógico das tecnologias digitais no ensino de Matemática, especialmente na etapa da fixação dos conteúdos.

Figura 5.17 – Percepção dos professores quanto à oferta de formação continuada pela rede de ensino (2020)

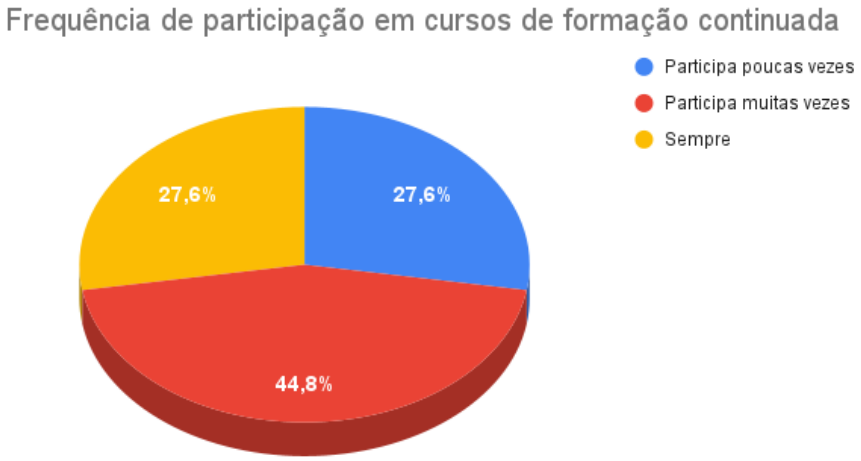
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.17) mostra a percepção dos professores quanto à oferta de formação continuada por parte da rede de ensino, segundo os respondentes do questionário de 2020.

Não oferece: 3 professores (11,5%) *Oferece raramente:* 12 professores (46,2%) *Oferece frequentemente:* 8 professores (30,8%) *Sempre:* 3 professores (11,5%).

Observa-se que quase metade dos professores considera que a rede de ensino raramente oferece formação continuada, enquanto apenas uma minoria aponta que esse tipo de oportunidade é constante. Esse dado reforça a percepção de que o apoio institucional à atualização docente ainda é insuficiente e irregular.

Figura 5.18 – Frequência de participação dos professores em cursos de formação continuada (2020)



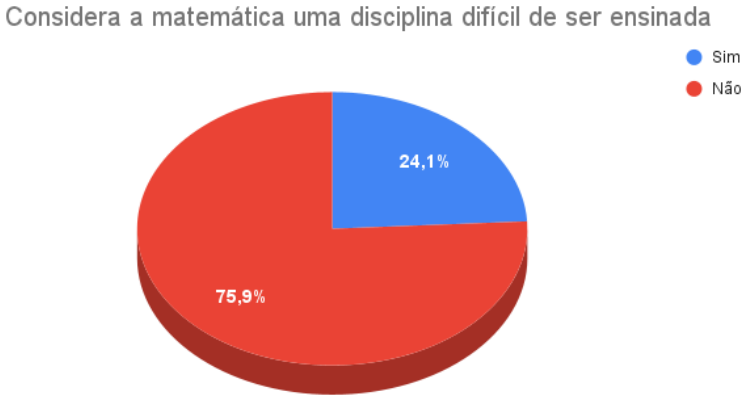
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.18) mostra a frequência com que os professores participam de cursos de formação continuada, segundo os respondentes do questionário de 2020.

Participa poucas vezes: 8 professores (27,6%) *Participa muitas vezes:* 13 professores (44,8%) *Sempre:* 8 professores (27,6%).

Observa-se que a maioria dos professores declarou participar muitas vezes de cursos de formação continuada, embora a participação constante ("sempre") corresponda a pouco mais de um quarto dos respondentes. Esse dado sugere que, apesar da valorização da formação continuada, ainda há variações na regularidade de participação.

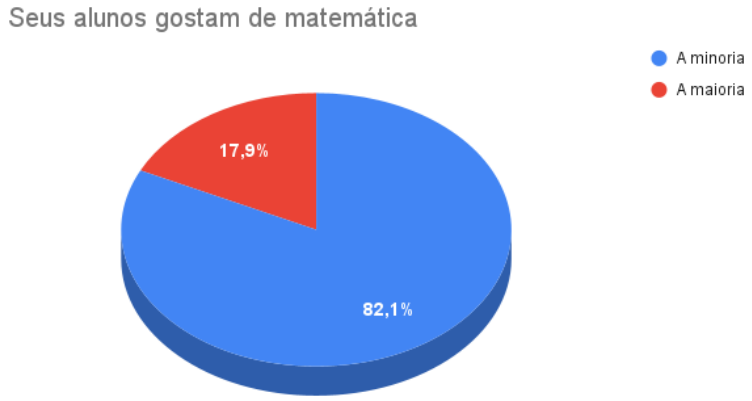
Figura 5.19 – Percepção dos professores sobre a dificuldade de ensinar Matemática (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.19) mostra a percepção dos professores quanto à dificuldade de ensinar Matemática, segundo os respondentes do questionário de 2020.
Sim: 7 professores (24,1%) *Não:* 22 professores (75,9%).
Observa-se que a maioria dos professores não considera a Matemática uma disciplina difícil de ser ensinada, embora cerca de um quarto a perceba dessa forma. Esse dado sugere que, no contexto investigado, prevalece a visão de que os desafios no ensino da disciplina não residem em sua natureza, mas possivelmente em outros fatores relacionados às condições de ensino e aprendizagem.

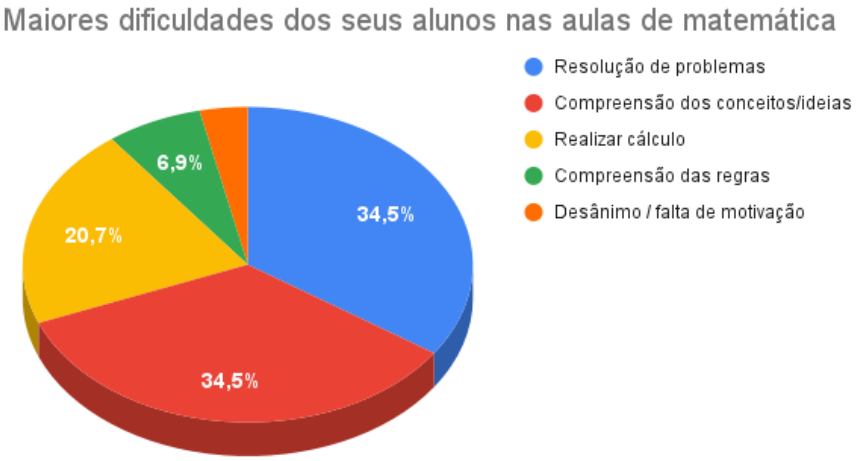
Figura 5.20 – Percepção dos professores sobre o gosto dos alunos pela Matemática (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.20) mostra a percepção dos professores quanto ao interesse de seus alunos pela Matemática, segundo os respondentes do questionário de 2020.
A minoria: 23 professores (82,1%) *A maioria:* 5 professores (17,9%).
Observa-se que a grande maioria dos professores avalia que apenas uma minoria de seus alunos demonstra gosto pela Matemática, enquanto menos de um quinto percebe o contrário. Esse dado reforça a noção de que a disciplina ainda enfrenta resistências significativas no ambiente escolar, demandando estratégias mais atrativas para despertar o interesse dos estudantes.

Figura 5.21 – Principais dificuldades dos alunos nas aulas de Matemática, segundo os professores (2020)



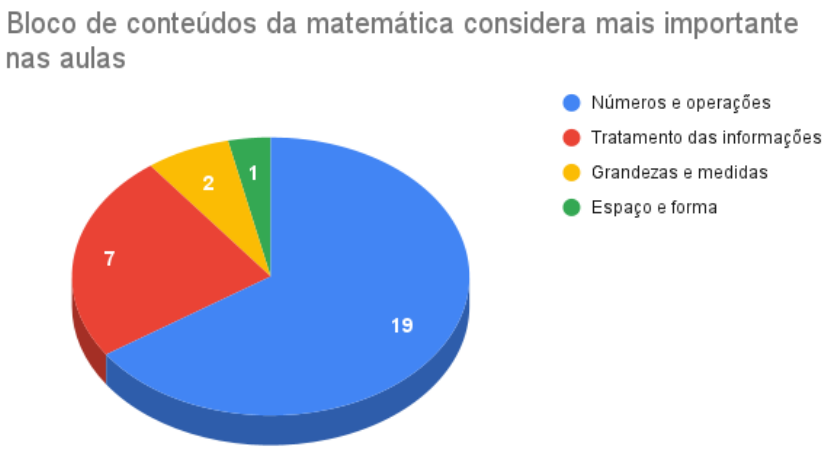
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.21) mostra as maiores dificuldades dos alunos em relação às aulas de Matemática, segundo a percepção dos professores que responderam ao questionário de 2020.

Resolução de problemas: 10 professores (34,5%) *Compreensão dos conceitos/ideias:* 10 professores (34,5%) *Realizar cálculo:* 6 professores (20,7%) *Compreensão das regras:* 2 professores (6,9%) *Desânimo / falta de motivação:* 1 professor (3,4%).

Observa-se que as dificuldades mais apontadas concentram-se na resolução de problemas e na compreensão dos conceitos, representando juntas mais de dois terços das respostas. Esse dado reforça a ideia de que os obstáculos enfrentados pelos alunos vão além do domínio algorítmico, revelando fragilidades ligadas à compreensão conceitual e à aplicação prática do conhecimento matemático.

Figura 5.22 – Blocos de conteúdos da Matemática considerados mais importantes pelos professores (2020)



Fonte: Dados da pesquisa 2020).

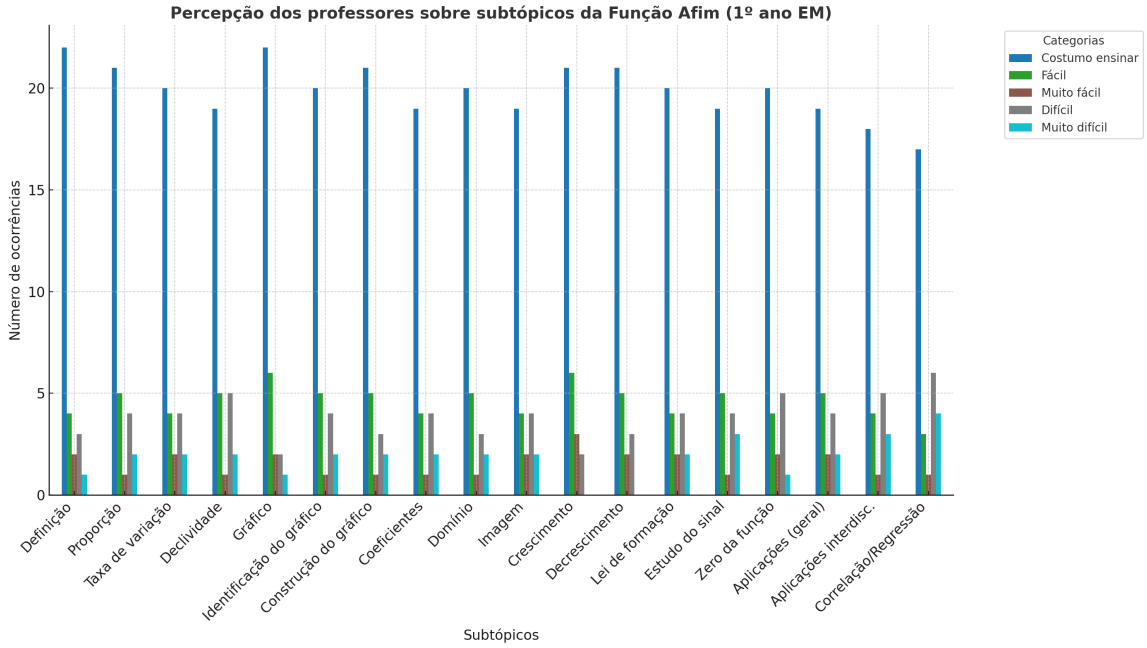
Na figura 5.22 a predominância de *Números e operações* (19 ocorrências) confirma a percepção de que esse bloco é visto como fundamento para a compreensão dos demais conteúdos matemáticos. As justificativas docentes destacam que, sem o domínio das operações fundamentais, os alunos encontram dificuldades para avançar em outros tópicos: "um aluno que não domina as operações não consegue desenvolver nos demais conteúdos". Esse diagnóstico se alinha ao que prevê a BNCC (Brasil, 2018), ao indicar que, no Ensino Fundamental, os estudantes devem desenvolver habilidades relacionadas ao pensamento numérico, ampliando a compreensão dos diferentes campos e significados das operações, mediante a resolução de problemas com números naturais, inteiros, racionais e reais em variados contextos. Além disso, esse percurso deve articular-se ao desenvolvimento do pensamento algébrico, que envolve identificar relações de dependência entre grandezas e comunicá-las por meio de diferentes representações, inclusive equações e inequações. Nesse sentido, os professores justificam a ênfase em números e operações não apenas como pré-requisito, mas como alicerce da progressão curricular que desemboca na própria função afim.

O bloco *Tratamento da informação* (7 ocorrências) foi associado ao trabalho com tabelas, gráficos e leitura de dados, evidenciando sua relevância para a compreensão crítica do cotidiano. Um professor, inclusive, relativizou a hierarquia rígida entre conteúdos, afirmando que "na Matemática a compreensão do todo se sobrepõe às partes". Essa posição revela uma tendência integradora, que dialoga com as orientações curriculares mais recentes ao valorizar múltiplas representações e articulações entre registros.

Já *Grandezas e medidas* (2 ocorrências) e *Espaço e forma* (1 ocorrência) apareceram de modo mais restrito, mas com justificativas ligadas à visualização geométrica e à relação com situações do dia a dia.

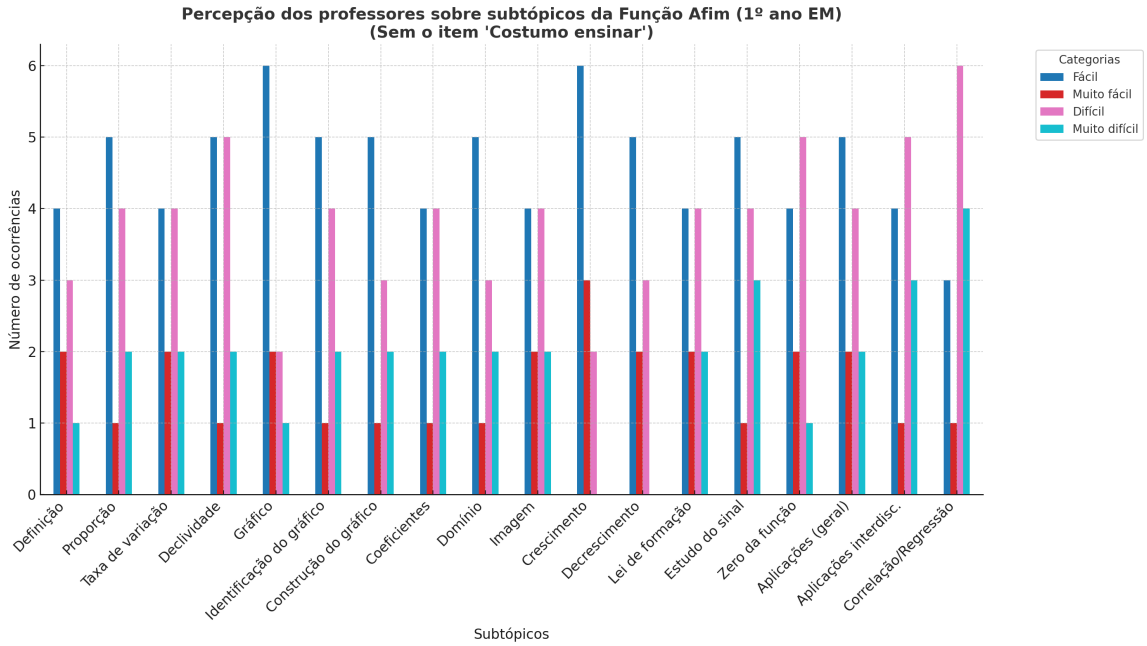
Em síntese, os dados e as falas dos professores revelam duas tendências principais: (i) uma visão sequencial e convencional, em que números e operações são entendidos como base incontornável, tanto pela perspectiva diagnóstica (deficiências recorrentes dos alunos) quanto pela lógica curricular (pré-requisito para demais blocos); e (ii) uma visão contextual e integradora, mais minoritária, que valoriza o tratamento da informação e defende a articulação entre diferentes blocos, em sintonia com a BNCC, que prevê o desenvolvimento do pensamento numérico e algébrico em contextos significativos.

Figura 5.23 – Percepção dos professores sobre subtópicos da Função Afim (1º ano EM) – categorias detalhadas (2020)



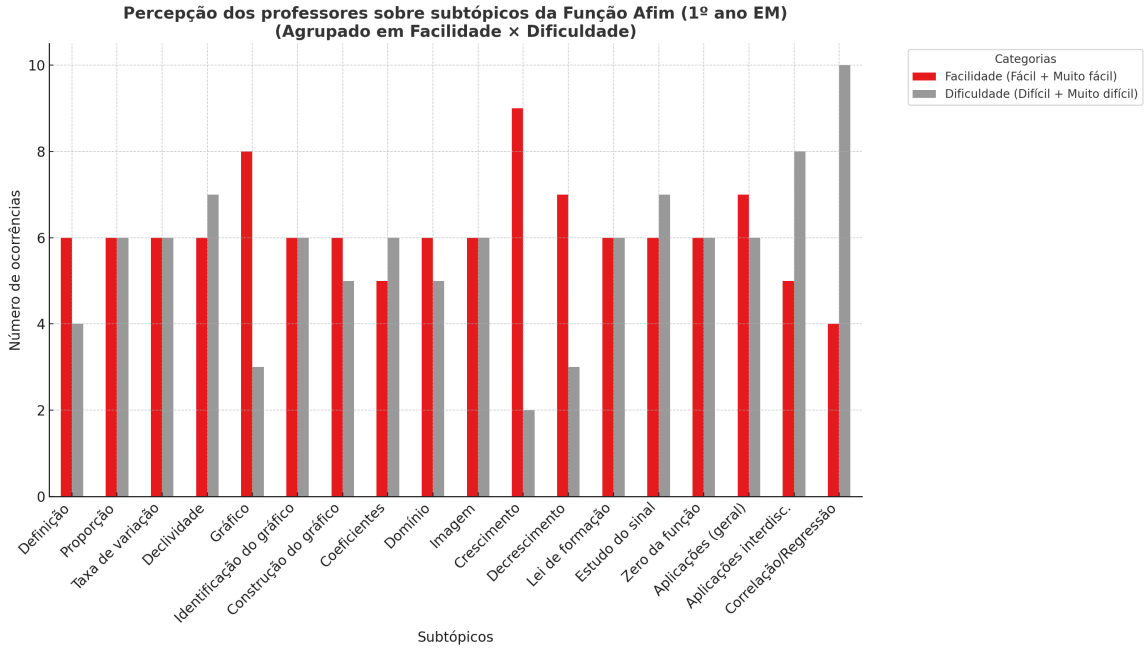
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Figura 5.24 – Percepção dos professores sobre subtópicos da Função Afim (1º ano EM) – excluindo a categoria *costumo ensinar* (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Figura 5.25 – Percepção dos professores sobre subtópicos da Função Afim (1º ano EM) – agrupado em Facilidade × Dificuldade (2020)



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

O primeiro gráfico (Figura 5.23) mostra que todos os subtópicos da Função Afim são ensinados com frequência semelhante, embora haja variação nas percepções sobre o nível de facilidade ou dificuldade. Em quase todos os itens, nota-se predominância das respostas na

categoria *costumo ensinar*, o que indica uma cobertura relativamente ampla do conteúdo em sala de aula.

O segundo gráfico (Figura 5.24), que exclui a categoria *costumo ensinar*, reforça essa leitura: enquanto itens de natureza mais algébrica (*taxa de variação, coeficientes, lei de formação*) aparecem com maior incidência de facilidade, aqueles de caráter interpretativo e aplicado (*aplicações gerais, interdisciplinares, regressão*) destacam-se pela dificuldade.

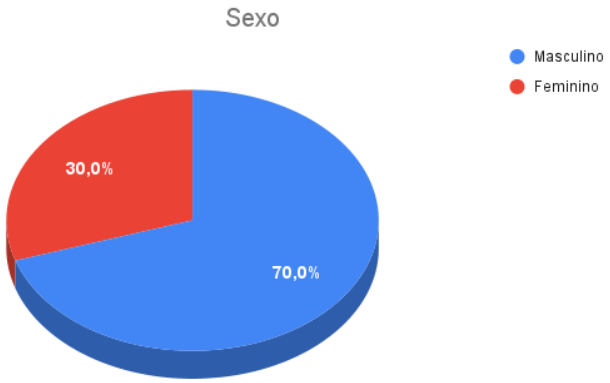
O terceiro gráfico (Figura 5.25), ao agrupar as respostas em *facilidade* (fácil + muito fácil) e *dificuldade* (difícil + muito difícil), evidencia uma diferença importante: subtópicos como *declividade, construção do gráfico, domínio, decrescimento e lei de formação* aparecem mais associados à facilidade, enquanto outros, como *zero da função, aplicações interdisciplinares e correlação/regressão*, tendem a concentrar maiores índices de dificuldade. Isso revela que a transição do tratamento algébrico para o gráfico, bem como a articulação com contextos aplicados, constitui um ponto de maior desafio docente.

Em síntese, os três gráficos mostram que os professores reconhecem a importância de trabalhar todos os subtópicos da função afim, mas percebem níveis diferentes de complexidade entre eles. As dimensões mais formais e algébricas são vistas como de ensino mais acessível, ao passo que a transposição para aplicações, conexões interdisciplinares e uso em contextos empíricos configuram o núcleo de maior dificuldade. Esse resultado reforça a relevância de metodologias que favoreçam a conversão entre registros e a exploração de situações contextualizadas, aspectos centrais para a aprendizagem significativa da função afim.

5.2 Segunda etapa: pesquisa de 2025

A segunda etapa da pesquisa, realizada em 2025, apresenta-se como continuidade e atualização do diagnóstico iniciado em 2020. Se, naquele primeiro momento, buscava-se traçar o perfil docente e suas práticas em um contexto ainda anterior à consolidação plena da BNCC e às transformações educacionais impostas pela pandemia, agora o olhar se desloca para um cenário distinto, em que novas diretrizes curriculares já se encontram em curso e experiências acumuladas ao longo de cinco anos permitem outras leituras. A análise que se segue não apenas descreve os dados coletados, mas também procura evidenciar permanências e mudanças nas concepções e práticas docentes, preparando o terreno para a comparação entre as duas etapas da investigação.

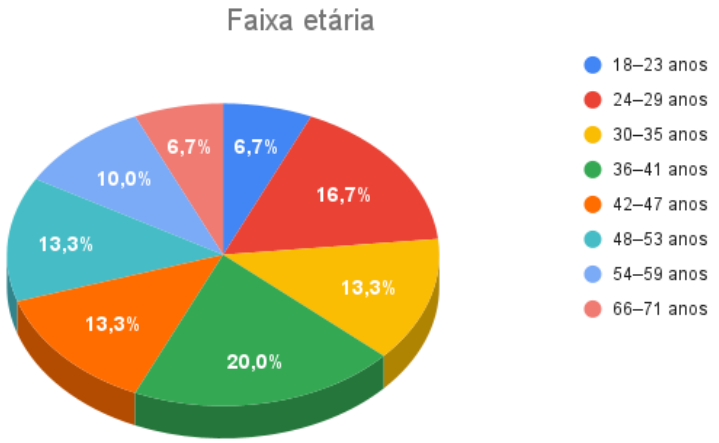
Figura 5.26 – Distribuição por sexo dos professores respondentes (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.26) mostra a distribuição por sexo dos professores que responderam ao questionário de 2025.
Masculino: 21 professores (70,0%) *Feminino:* 9 professoras (30,0%).
Observa-se que, embora a maioria continue sendo do sexo masculino, houve um aumento significativo da participação feminina em relação a 2020. Nota-se, portanto, uma predominância masculina no grupo de docentes investigados em 2025, ainda que a presença feminina já seja expressiva.

Figura 5.27 – Distribuição por faixa etária dos professores respondentes (2025)



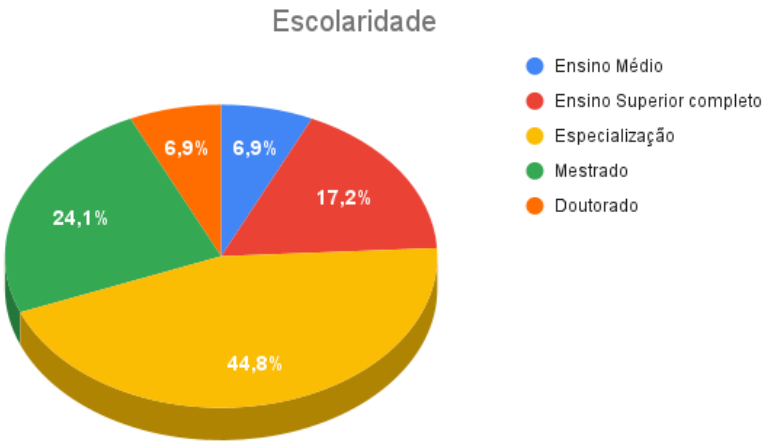
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.27) mostra a distribuição por faixa etária dos professores que responderam ao questionário de 2025.
18–23 anos: 2 professores (6,7%) *24–29 anos:* 5 professores (16,7%) *30–35 anos:* 4 professores (13,3%) *36–41 anos:* 6 professores (20,0%) *42–47 anos:* 4 professores

(13,3%) *48–53 anos:* 4 professores (13,3%) *54–59 anos:* 3 professores (10,0%) *66–71 anos:* 2 professores (6,7%).

Observa-se que os maiores percentuais concentram-se nas faixas de 24 a 41 anos, que, somadas, representam metade dos respondentes. Esse dado indica a presença significativa de professores em início ou consolidação da carreira, ao mesmo tempo em que se mantém uma base relevante de docentes mais experientes, revelando um perfil etário diversificado e equilibrado.

Figura 5.28 – Distribuição por escolaridade dos professores respondentes (2025)



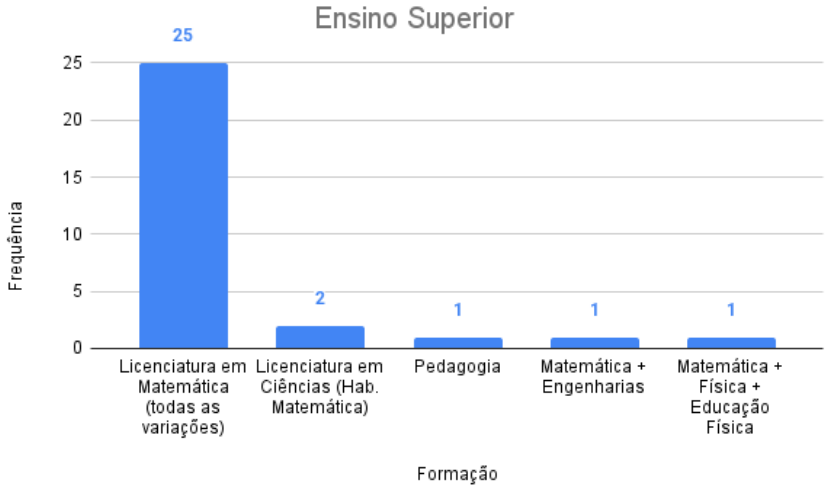
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.28) mostra a distribuição por nível de escolaridade dos professores que responderam ao questionário de 2025.

Ensino Médio: 2 professores (6,9%) *Ensino Superior completo:* 5 professores (17,2%) *Especialização:* 13 professores (44,8%) *Mestrado:* 7 professores (24,1%) *Doutorado:* 2 professores (6,9%).

Observa-se que a *especialização* continua sendo o nível mais frequente, representando quase a metade do grupo. Além disso, destaca-se a presença de professores com *mestrado* e, em menor proporção, com *doutorado*, evidenciando um avanço na formação acadêmica do corpo docente. Ainda que haja docentes apenas com *ensino médio* ou *superior completo*, estes correspondem a uma parcela minoritária.

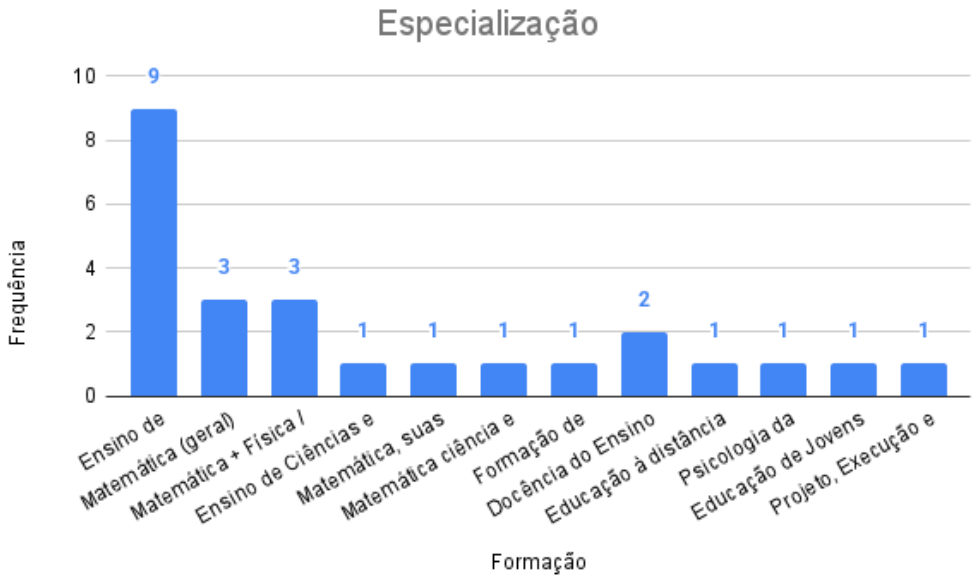
Figura 5.29 – Distribuição por formação em nível de Ensino Superior dos professores respondentes (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de barras (Figura 5.29) mostra a distribuição da formação em nível de Ensino Superior dos professores respondentes em 2025.
Licenciatura em Matemática (todas as variações): 25 professores (83,3%) *Licenciatura em Ciências (Hab. Matemática):* 2 professores (6,7%) *Pedagogia:* 1 professor (3,3%) *Matemática + Engenharias:* 1 professor (3,3%) *Matemática + Física + Educação Física:* 1 professor (3,3%).
Observa-se que a grande maioria dos docentes possui formação ligada à *Licenciatura em Matemática*, reafirmando a especificidade da área. As demais formações aparecem de forma residual, indicando percursos acadêmicos mais diversificados, mas pouco representativos dentro do grupo.

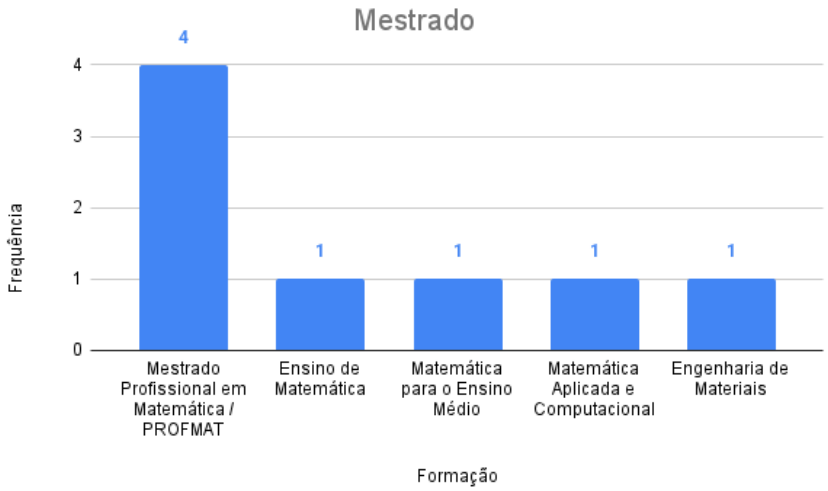
Figura 5.30 – Distribuição por área de especialização dos professores respondentes (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de barras (Figura 5.30) mostra a distribuição das especializações realizadas pelos professores respondentes em 2025.
Ensino de Matemática (geral): 9 professores (69,2%) *Matemática + Física:* 3 professores (23,1%) *Ensino de Ciências:* 3 professores (23,1%) *Matemática, suas Ciências e Tecnologias:* 1 professor (7,7%) *Metodologia da Matemática e Física:* 1 professor (7,7%) *Formação de Docentes:* 1 professor (7,7%) *Ensino Superior / Docência do Ensino Superior:* 2 professores (15,4%) *Educação a Distância:* 1 professor (7,7%) *Psicologia da Educação:* 1 professor (7,7%) *Educação de Jovens e Adultos:* 1 professor (7,7%) *Projeto, Execução e Controle de Engenharia Elétrica + Matemática:* 1 professor (7,7%).
Observa-se que a grande maioria das especializações concentra-se no campo da *Matemática*, com predominância do enfoque em *Ensino de Matemática*. As demais especializações aparecem de forma pulverizada, cobrindo áreas correlatas como Física, Ciências, Educação Superior e Psicologia, o que indica diversificação nos percursos de formação, ainda que com baixa representatividade individual.

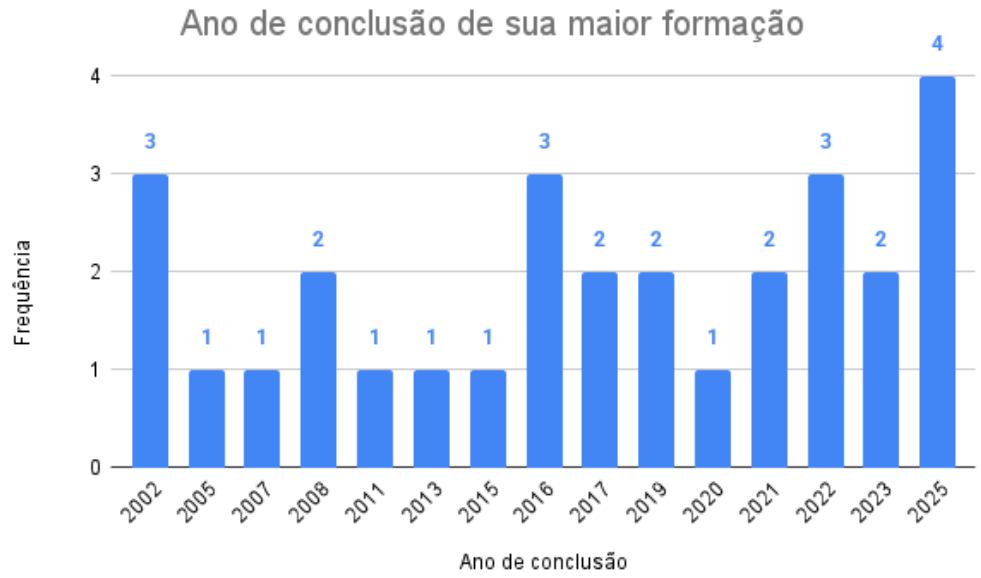
Figura 5.31 – Distribuição por área de formação em nível de Mestrado dos professores respondentes (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de barras (Figura 5.31) mostra a distribuição das áreas de formação em nível de mestrado dos professores respondentes em 2025.
Mestrado Profissional em Matemática (PROFMAT): 4 professores (57,1%) *Ensino de Matemática:* 1 professor (14,3%) *Matemática para o Ensino Médio:* 1 professor (14,3%) *Matemática Aplicada e Computacional:* 1 professor (14,3%) *Engenharia de Materiais:* 1 professor (14,3%).
Observa-se que a maior parte dos docentes que concluíram o mestrado o fez em programas vinculados à área de *Matemática*, sobretudo no *PROFMAT*, voltado à formação continuada de professores da Educação Básica. As demais áreas aparecem de forma pontual, revelando percursos de formação mais diversificados, mas com baixa representatividade numérica.

Figura 5.32 – Ano de conclusão da maior formação dos professores respondentes (2025)



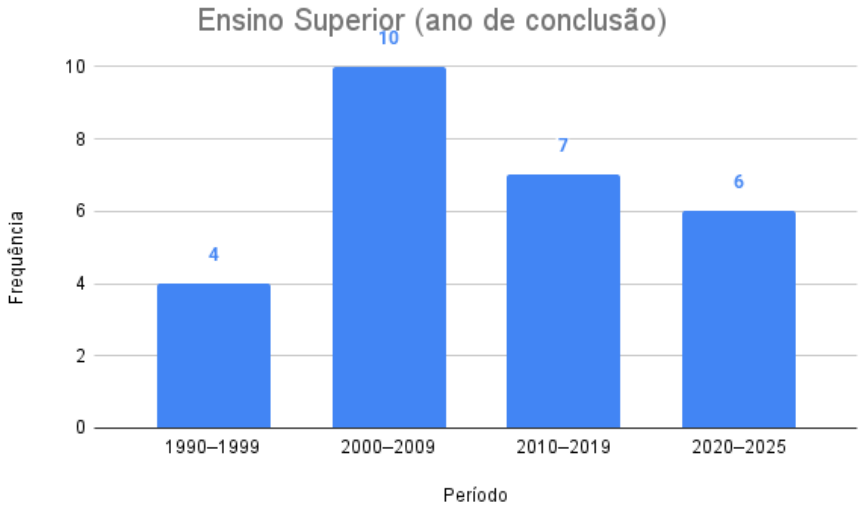
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de barras (Figura 5.32) mostra a distribuição dos professores segundo o ano de conclusão de sua maior formação.

Os dados revelam uma dispersão temporal que vai de 2002 a 2025. Observa-se que alguns anos se destacam por concentrarem maior número de conclusões, como *2002* (3 professores), *2016* (3 professores), *2022* (3 professores) e *2025* (4 professores, o maior valor). Em vários outros anos, a frequência é de apenas 1 professor, indicando percursos individuais mais isolados.

Constata-se, assim, que há tanto docentes com longa trajetória acadêmica — formados há mais de 20 anos — quanto professores que concluíram recentemente sua qualificação, em especial no período mais recente (2022–2025). Esse dado sugere um processo contínuo de renovação, marcado pela entrada de novos profissionais qualificados e pela permanência de docentes com formações consolidadas há mais tempo.

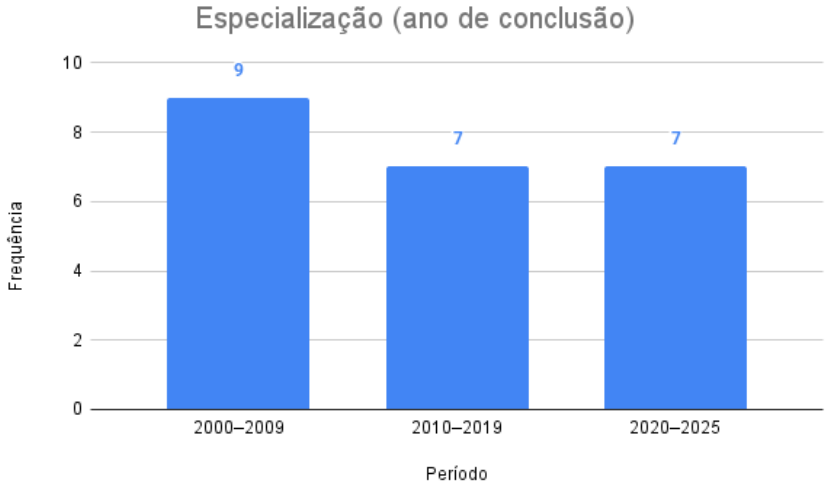
Figura 5.33 – Distribuição dos professores por período de conclusão do Ensino Superior (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de barras (Figura 5.33) mostra a distribuição dos professores segundo o período de conclusão da graduação em nível de Ensino Superior.
1990–1999: 4 professores (13,3%) *2000–2009:* 10 professores (33,3%) *2010–2019:* 7 professores (23,3%) *2020–2025:* 6 professores (20,0%).
Observa-se que a maior concentração de conclusões ocorreu no período de *2000–2009*, abrangendo um terço do grupo. No entanto, destaca-se também a presença significativa de docentes que concluíram a graduação nas duas últimas décadas (2010–2019 e 2020–2025), que juntos representam 43,3%. Esses dados sugerem uma composição docente marcada tanto pela experiência acumulada de profissionais mais antigos quanto pela inserção de novos licenciados, reforçando o caráter de renovação e continuidade na formação inicial.

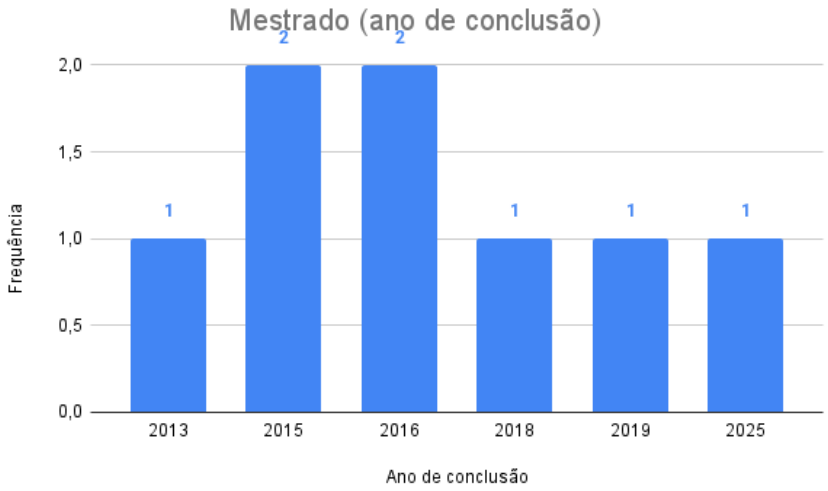
Figura 5.34 – Distribuição dos professores por período de conclusão da Especialização (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de barras (Figura 5.34) mostra a distribuição dos professores segundo o período de conclusão da especialização.
2000–2009: 9 professores (39,1%) *2010–2019:* 7 professores (30,4%) *2020–2025:* 7 professores (30,4%).
Observa-se que a maior parte das especializações foi concluída no período de *2000–2009*, com quase 40% do total. Entretanto, os períodos subsequentes (2010–2019 e 2020–2025) mantêm proporções equilibradas, cada um com pouco mais de 30% das conclusões. Esses resultados sugerem uma continuidade do processo de formação em nível de pós-graduação lato sensu ao longo das duas últimas décadas, com destaque para a manutenção de um fluxo estável de professores buscando qualificação.

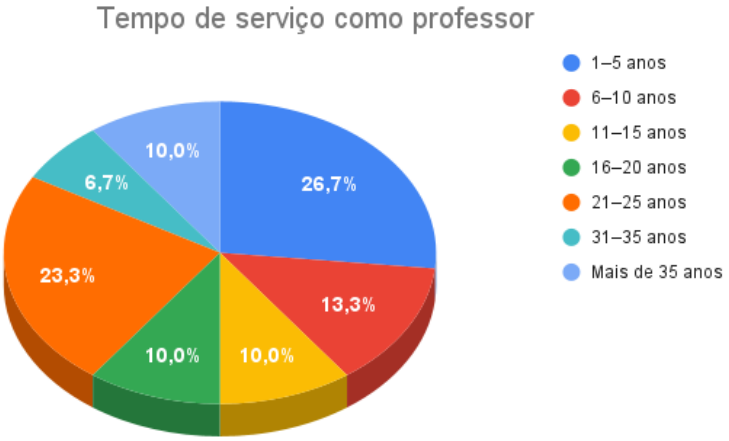
Figura 5.35 – Distribuição dos professores por ano de conclusão do Mestrado (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de barras (Figura 5.35) mostra a distribuição dos professores segundo o ano de conclusão do mestrado.
2013: 1 professor (14,3%) *2015:* 2 professores (28,6%) *2016:* 2 professores (28,6%) *2018:* 1 professor (14,3%) *2019:* 1 professor (14,3%) *2025:* 1 professor (14,3%).
Observa-se que os anos de *2015* e *2016* concentram a maior parte das conclusões, respondendo juntos por 57,2% do total. Nos demais anos, a frequência é de apenas um concluinte, o que evidencia percursos mais dispersos. Nota-se também que há registros tanto de professores que se titularam há mais de uma década quanto de docentes recém-formados (2025), sugerindo uma coexistência entre diferentes gerações acadêmicas no nível de mestrado.

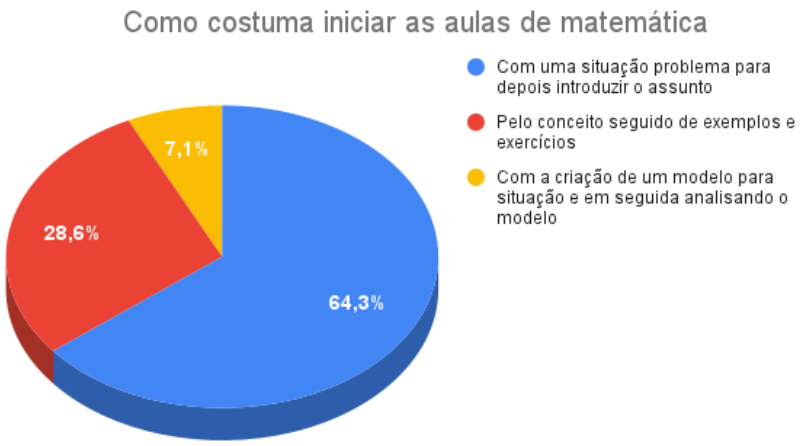
Figura 5.36 – Distribuição dos professores segundo o tempo de serviço na docência (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.36) mostra a distribuição dos professores segundo o tempo de serviço na docência.
1–5 anos: 8 professores (26,7%) *6–10 anos:* 4 professores (13,3%) *11–15 anos:* 3 professores (10,0%) *16–20 anos:* 3 professores (10,0%) *21–25 anos:* 7 professores (23,3%) *31–35 anos:* 2 professores (6,7%) *Mais de 35 anos:* 3 professores (10,0%).
Observa-se uma distribuição equilibrada entre docentes em início de carreira (até 5 anos), professores em meio de trajetória (11–20 anos) e profissionais com longa experiência (acima de 25 anos). Destacam-se dois polos: de um lado, o grupo iniciante (26,7%); de outro, o grupo com 21–25 anos de atuação (23,3%). Esse panorama sugere a coexistência de gerações docentes distintas, o que pode favorecer trocas de experiências entre novatos e veteranos, contribuindo para a consolidação de práticas pedagógicas na região.

Figura 5.37 – Formas de iniciar as aulas de Matemática segundo os professores respondentes (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

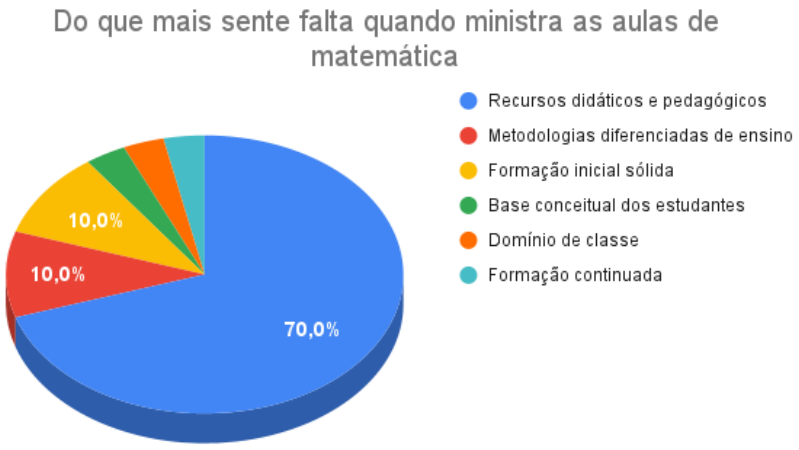
Esse gráfico de pizza (Figura 5.37) mostra como os professores costumam iniciar suas aulas de Matemática.
Com uma situação-problema para depois introduzir o assunto: 18 professores (64,3%) *Pelo conceito seguido de exemplos e exercícios:* 8 professores (28,6%) *Com a criação de um modelo para situação e em seguida analisando o modelo:* 2 professores (7,1%).
Observa-se que a maioria dos docentes (quase dois terços) privilegia o início das aulas a partir de uma situação-problema, o que indica uma tendência metodológica voltada à contextualização e ao estímulo investigativo. Uma parcela significativa ainda mantém a abordagem tradicional, partindo do conceito e exercícios (28,6%), enquanto a estratégia de construção de modelos aparece de forma residual (7,1%). Esse panorama sugere um movimento em direção a práticas mais ativas, ainda que persistam elementos da abordagem expositiva tradicional.

Nesse sentido, vale destacar que a BNCC (Brasil, 2018) enfatiza que o ensino de Matemática deve ser conduzido de forma a favorecer a resolução de problemas, a investigação e a construção de modelos, garantindo aprendizagens significativas. O documento orienta que os professores busquem:

> Analisar situações-problema em diferentes contextos, mobilizando conceitos, procedimentos e estratégias para propor soluções e construir argumentos. (Brasil, 2018, p. 524).

Assim, quando os docentes iniciam suas aulas a partir de uma situação-problema ou pela criação de modelos matemáticos, encontram-se em consonância com essa perspectiva de currículo em ação, que privilegia o engajamento ativo dos estudantes. Já o início pelo conceito seguido de exercícios dialoga com a sistematização e a consolidação de conhecimentos, igualmente prevista na BNCC como parte do processo de letramento matemático.

Figura 5.38 – Aspectos que os professores mais sentem falta ao ministrar aulas de Matemática (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

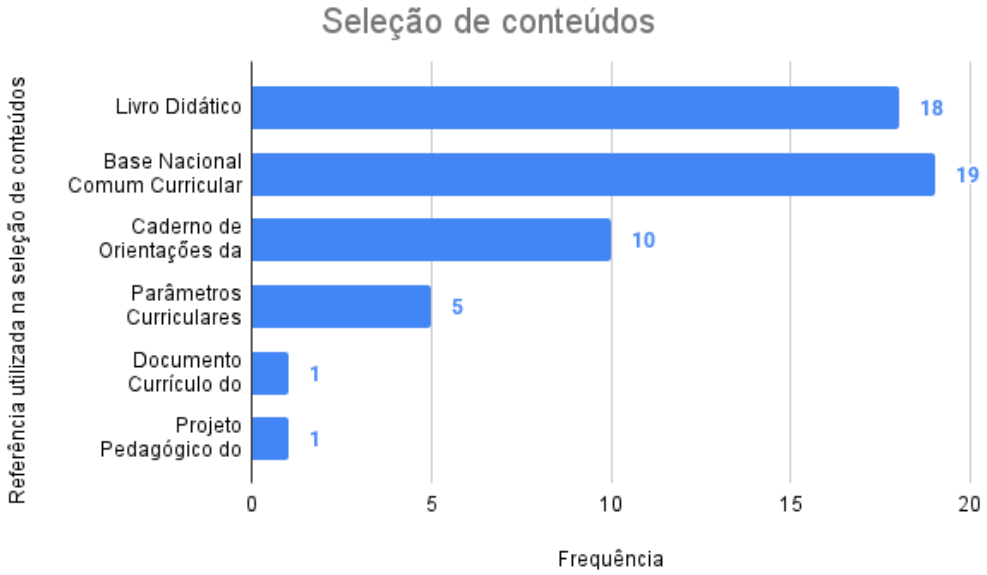
Esse gráfico de pizza (Figura 5.38) mostra os principais aspectos apontados pelos professores como aquilo de que mais sentem falta ao ministrar suas aulas de Matemática. *Recursos didáticos e pedagógicos:* 21 professores (70,0%) *Metodologias diferenciadas:* 3 professores (10,0%) *Formação inicial sólida:* 3 professores (10,0%) *Domínio de classe:* 1 professor (3,3%) *Formação continuada:* 1 professor (3,3%).
Observa-se que a maior carência apontada pelos docentes refere-se à ausência de recursos didáticos e pedagógicos, evidenciada por 70% das respostas. Em segundo plano, aparecem a necessidade de metodologias diferenciadas e de uma formação inicial mais sólida (10% cada). Aspectos como domínio de classe e formação continuada surgem de modo residual.

Esse resultado sugere que, para a maioria dos professores, a disponibilidade de recursos é fator central para qualificar a prática pedagógica em Matemática.
Nesse sentido, vale destacar que a BNCC (Brasil, 2018) orienta que o trabalho pedagógico deve mobilizar diferentes estratégias e recursos, de modo a tornar os conteúdos significativos e contextualizados. O documento explicita a importância de:

> "Contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas." (Brasil, 2018, p. 16).

Assim, a ênfase dos professores na falta de recursos dialoga com o que a BNCC propõe como condição para a efetivação do currículo em ação, reforçando a necessidade de investimentos em materiais, tecnologias e práticas pedagógicas que apoiem o ensino de Matemática.

Figura 5.39 – Referenciais utilizados pelos professores na seleção de conteúdos de Matemática (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de barras (Figura 5.39) mostra os referenciais mais utilizados pelos professores para a seleção dos conteúdos de Matemática.
Base Nacional Comum Curricular – BNCC: 19 professores *Livro didático:* 18 professores *Caderno de orientações da rede:* 10 professores *Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN:* 5 professores *Documento curricular do Maranhão:* 1 professor *Projeto pedagógico do curso:* 1 professor.
Observa-se que a BNCC (19 citações) e o livro didático (18 citações) configuram-se como os principais referenciais adotados, revelando a centralidade desses dois instrumentos na prática docente. O caderno de orientações da rede também aparece de forma expressiva

(10 menções), enquanto os PCN (5) e outros documentos institucionais (1 cada) têm participação pontual. Esses dados indicam uma predominância de referenciais oficiais nacionais e de materiais didáticos, evidenciando que a prática dos professores se ancora especialmente em orientações normativas e em recursos de apoio pedagógico amplamente disponíveis.

Nesse sentido, a BNCC (Brasil, 2018) ressalta que cabe ao professor articular os conteúdos e as competências previstas no documento com os materiais de apoio e o contexto da escola, de modo a garantir aprendizagens essenciais. Como orienta o texto:

> As aprendizagens essenciais previstas na BNCC somente se efetivam mediante a ação docente, que, ao selecionar, organizar e articular os conteúdos, mobiliza recursos e estratégias adequados à realidade da escola e dos estudantes. (Brasil, 2018).

Assim, a forte presença da BNCC e do livro didático entre os referenciais de seleção de conteúdos reforça a convergência entre as orientações normativas nacionais e os instrumentos de mediação pedagógica disponíveis aos professores.

Figura 5.40 – Principais formas de avaliação utilizadas pelos professores de Matemática (2025)

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de barras (Figura 5.40) mostra as principais formas de avaliação utilizadas pelos professores de Matemática.

Prova escrita: 29 professores *Trabalhos em grupo ou individuais:* 27 professores *Produções no caderno:* 18 professores *Autoavaliação:* 7 professores *Prova oral:* 4 professores *Seminários:* 1 professor *Atividades tecnológicas:* 1 professor *Pesquisas:* 1 professor *Prova objetiva:* 1 professor.

Observa-se que as formas tradicionais de avaliação, como provas escritas e trabalhos em grupo ou individuais, são amplamente predominantes, reunindo praticamente todos os respondentes. As produções no caderno também aparecem com destaque, indicando forte valorização de registros escritos. Estratégias avaliativas mais formativas ou alternativas, como autoavaliação, seminários, pesquisas e atividades tecnológicas, apresentam menor incidência, surgindo de forma complementar. Esse panorama revela uma prática avaliativa ainda bastante centrada em instrumentos convencionais, embora já se percebam sinais de abertura para modalidades que valorizam maior protagonismo discente.
Nesse sentido, a BNCC (Brasil, 2018) enfatiza a importância de uma avaliação formativa que considere os contextos de aprendizagem e contribua para a melhoria da prática pedagógica. O documento orienta que cabe aos professores:

> "Construir e aplicar procedimentos de avaliação formativa de processo ou de resultado que levem em conta os contextos e as condições de aprendizagem, tomando tais registros como referência para melhorar o desempenho da escola, dos professores e dos alunos." (Brasil, 2018, p. 17).

Assim, a predominância de práticas tradicionais, como provas e trabalhos, sugere o desafio de ampliar a adoção de estratégias avaliativas mais diversificadas e processuais, em consonância com a concepção de avaliação defendida pela BNCC.

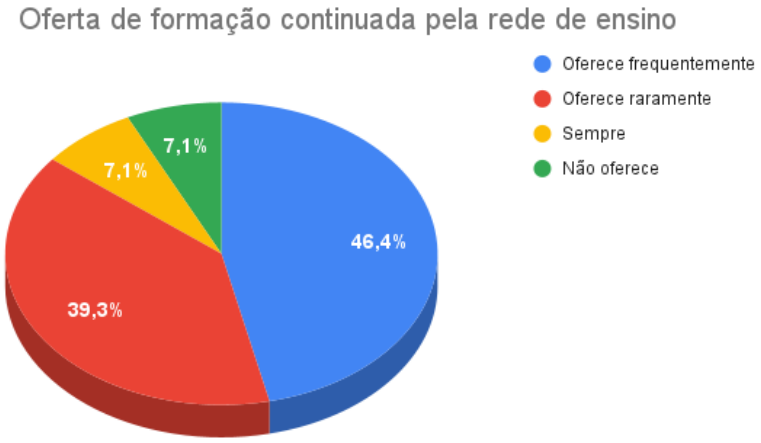
Figura 5.41 – Estratégias utilizadas pelos professores para fixação do conteúdo ministrado (2025)

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.41) mostra as principais estratégias de fixação de conteúdos utilizadas pelos professores de Matemática.
Apresentar lista de exercícios: 26 professores (86,7%) *Mandar resolver exercícios do livro:* 2 professores (6,7%) *Apresentar jogos envolvendo o assunto:* 1 professor (3,3%) *Não propor questões de fixação:* 1 professor (3,3%).

Observa-se uma predominância quase absoluta do uso de listas de exercícios como estratégia de fixação, prática mencionada por 86,7% dos docentes. Em menor escala, aparecem como alternativas a resolução de exercícios do livro (6,7%) e o uso de jogos (3,3%). Apenas 3,3% afirmaram não adotar práticas específicas de fixação. Esses resultados evidenciam uma cultura pedagógica centrada em exercícios repetitivos e tradicionais, com pouca presença de estratégias lúdicas ou diversificadas, o que sugere desafios no alinhamento com metodologias mais ativas e contextualizadas.

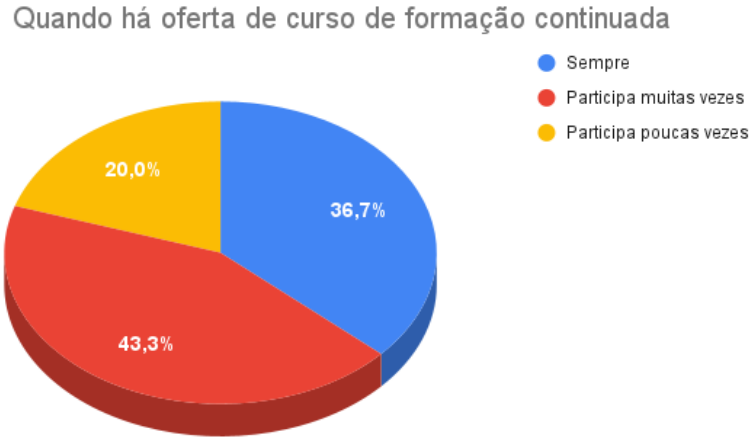
Figura 5.42 – Oferta de formação continuada pela rede de ensino segundo os professores (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.42) mostra a percepção dos professores sobre a oferta de cursos de formação continuada pela rede de ensino.
Oferece frequentemente: 13 professores (46,4%) *Oferece raramente:* 11 professores (39,3%) *Sempre:* 2 professores (7,1%) *Não oferece:* 2 professores (7,1%).
Observa-se que a maior parte dos professores reconhece a existência de oportunidades de formação continuada oferecidas pela rede de ensino (53,5%, somando os que responderam "frequentemente" e "sempre"). No entanto, um percentual expressivo (39,3%) aponta que tais oportunidades são raras, e ainda há aqueles que afirmam que a rede não oferece (7,1%). Esse cenário indica que, embora haja esforços institucionais para disponibilizar formação continuada, ainda persiste uma percepção de insuficiência ou de irregularidade no acesso a essas iniciativas, o que pode impactar a atualização pedagógica dos docentes de Matemática.

Figura 5.43 – Participação dos professores em cursos de formação continuada quando ofertados (2025)



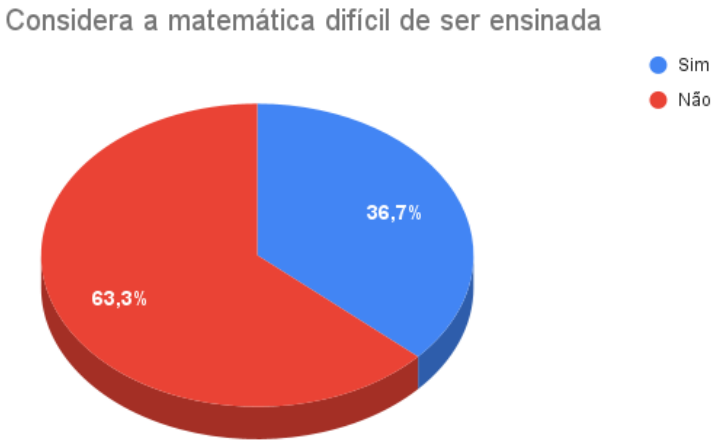
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.43) mostra a frequência com que os professores participam de cursos de formação continuada quando há oferta por parte da rede de ensino ou outras instituições.

Participa sempre: 11 professores (36,7%) *Participa muitas vezes:* 13 professores (43,3%) *Participa poucas vezes:* 6 professores (20,0%).

Observa-se que a maioria dos docentes participa ativamente de cursos de formação continuada, já que 80% afirmam aderir sempre ou muitas vezes às oportunidades. Apenas 20% revelam baixa frequência de participação. Esses resultados indicam que, quando os cursos são efetivamente oferecidos, há uma forte adesão por parte dos professores, o que reforça a relevância da formação continuada como mecanismo de atualização profissional e aperfeiçoamento pedagógico.

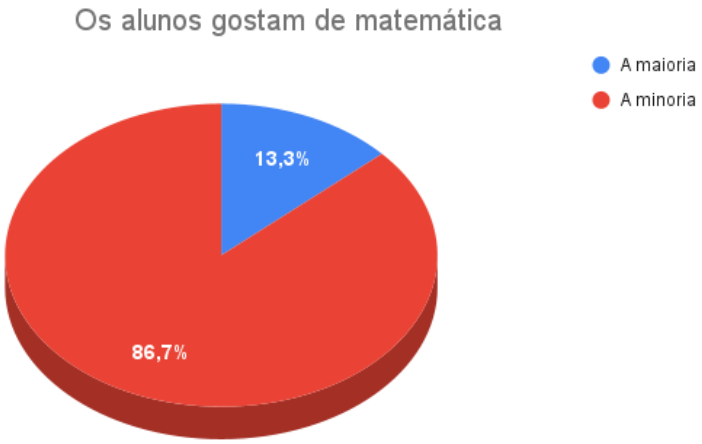
Figura 5.44 – Percepção dos professores sobre a dificuldade de ensinar Matemática (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.44) apresenta a percepção dos professores quanto à dificuldade de ensinar Matemática.
Não considera difícil: 19 professores (63,3%) *Considera difícil:* 11 professores (36,7%).
Nota-se que a maioria dos docentes (63,3%) não considera a Matemática uma disciplina difícil de ser ensinada, o que pode estar associado à formação específica recebida e à familiaridade com os conteúdos da área. Por outro lado, 36,7% afirmam enfrentar dificuldades no processo de ensino, o que pode refletir os desafios de transposição didática, diversidade de perfis de estudantes e carência de recursos pedagógicos.
Esse resultado sugere que, embora a maioria dos professores se sinta segura em relação ao ensino da Matemática, ainda existe uma parcela significativa que identifica obstáculos, apontando para a necessidade de apoio formativo e metodológico contínuo, de modo a potencializar práticas pedagógicas mais eficazes.

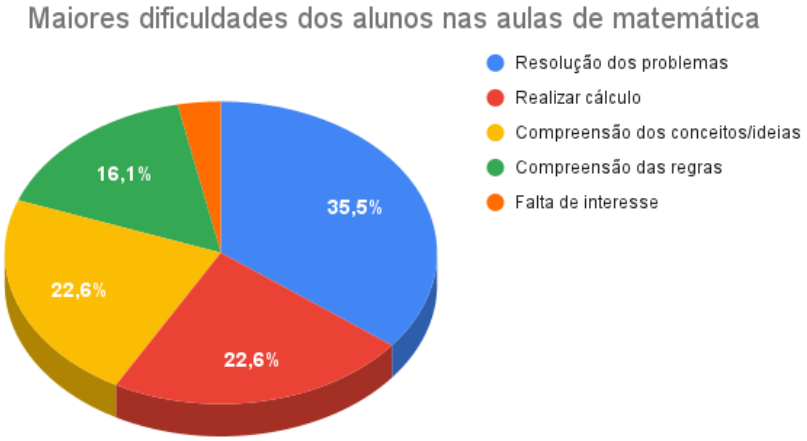
Figura 5.45 – Percepção dos professores sobre o gosto dos alunos pela Matemática (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.45) mostra a percepção dos professores sobre o quanto seus alunos gostam de Matemática.
A minoria gosta: 26 professores (86,7%) *A maioria gosta:* 4 professores (13,3%).
Verifica-se que a percepção predominante entre os professores é de que apenas uma minoria dos alunos demonstra gostar de Matemática (86,7%). Apenas 13,3% dos docentes acreditam que a maioria de seus estudantes tem apreço pela disciplina. Esse resultado evidencia um desafio importante: o distanciamento afetivo dos alunos em relação à Matemática, que pode impactar tanto a motivação quanto a aprendizagem.
Tal dado sugere a necessidade de estratégias didáticas que aproximem o conteúdo matemático da realidade dos estudantes, tornando-o mais significativo, atrativo e conectado aos seus interesses. Isso reforça o papel do professor em buscar metodologias inovadoras, recursos diversificados e situações contextualizadas, capazes de ressignificar a experiência discente com a disciplina.

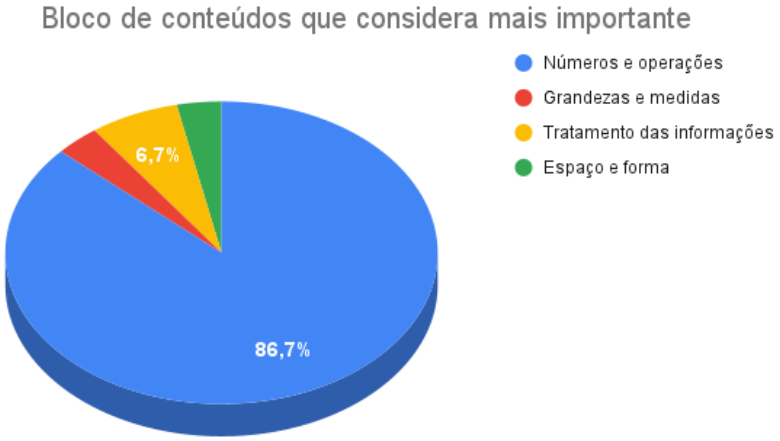
Figura 5.46 – Percepção dos professores sobre as maiores dificuldades dos alunos nas aulas de Matemática (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse gráfico de pizza (Figura 5.46) mostra as principais dificuldades dos alunos em Matemática, segundo a percepção dos professores respondentes.
Resolução de problemas: 11 professores (35,5%) *Realizar cálculo:* 7 professores (22,6%) *Compreensão dos conceitos/ideias:* 7 professores (22,6%) *Compreensão das regras:* 5 professores (16,1%) *Falta de interesse:* 1 professor (3,2%).
Verifica-se que a maior dificuldade percebida é a resolução de problemas (35,5%), seguida pela realização de cálculos e pela compreensão dos conceitos/ideias matemáticas (ambos com 22,6%). A compreensão das regras aparece em 16,1% das respostas, enquanto a falta de interesse foi mencionada por apenas 3,2%. Esse panorama reforça a centralidade das dificuldades relacionadas à transposição de conhecimentos matemáticos para situações-problema, bem como aos processos de compreensão conceitual, confirmando resultados de pesquisas nacionais que apontam para obstáculos recorrentes na aprendizagem da Matemática escolar.
Esses dados também sugerem a necessidade de metodologias que privilegiem o desenvolvimento do raciocínio, a articulação entre diferentes registros de representação e o protagonismo discente. Isso vai ao encontro das orientações da BNCC (Brasil, 2018), que sublinha a importância de garantir aos alunos oportunidades de aplicar conhecimentos matemáticos na resolução de problemas significativos, contextualizados e integrados a diferentes áreas do saber.

Figura 5.47 – Bloco de conteúdos considerado mais importante pelos professores de Matemática (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

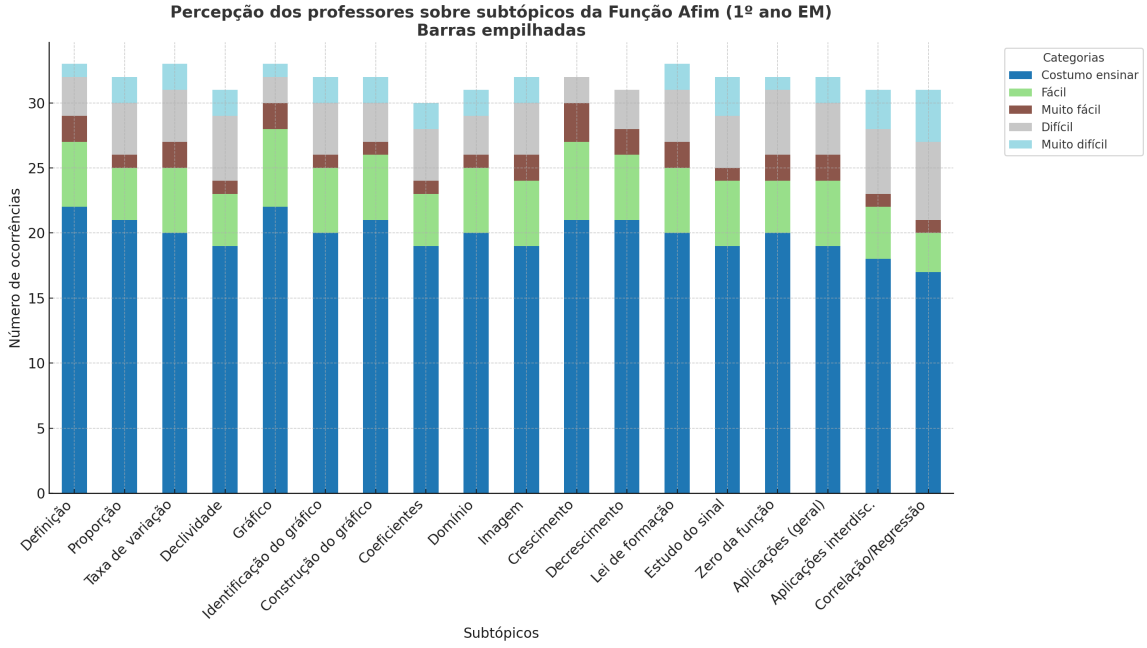
Esse gráfico de pizza (Figura 5.47) mostra qual bloco de conteúdos da Matemática os professores consideram mais importante para o ensino.
Números e operações: 26 professores (86,7%) *Tratamento da informação:* 2 professores (6,7%) *Espaço e forma:* 1 professor (3,3%) *Grandezas e medidas:* 1 professor (3,3%).
Nota-se uma forte predominância do bloco *Números e operações*, indicado por 86,7% dos docentes como o mais importante. Os demais blocos — *Tratamento da informação*, *Espaço e forma* e *Grandezas e medidas* — aparecem de forma pouco expressiva, cada um com percentuais reduzidos.
Esse resultado evidencia uma valorização tradicional do ensino da Matemática centrado nos aspectos numéricos e operacionais, em detrimento de outras áreas igualmente previstas na BNCC (Brasil, 2018), como geometria, estatística e medidas. Tal priorização pode refletir tanto a familiaridade dos professores com esse eixo quanto a pressão das avaliações externas, que tendem a reforçar o foco em habilidades operacionais.
Entretanto, a BNCC enfatiza que todos os blocos de conteúdo devem ser trabalhados de forma integrada e articulada, de modo a desenvolver competências matemáticas amplas e significativas para a formação do estudante.

As falas revelam uma forte concepção hierárquica do conhecimento matemático, em que números e operações são vistos como o alicerce indispensável para qualquer avanço. Essa perspectiva, embora recorrente, também mostra um certo caráter tradicional do ensino, centrado nas quatro operações fundamentais como pré-requisito absoluto.

Ao mesmo tempo, parte dos docentes associa esse bloco à praticidade da vida cotidiana e à formação de competências aplicadas, o que aproxima o discurso das orientações da BNCC, que enfatiza a resolução de problemas em contextos significativos. Já a voz

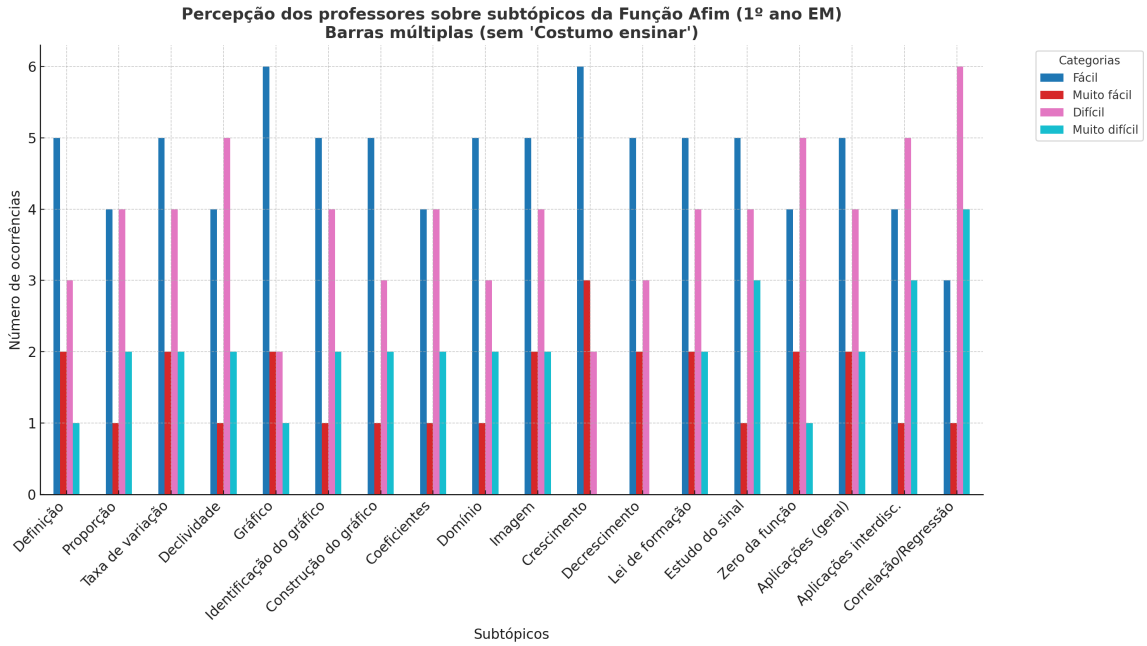
minoritária, ao citar outros blocos, sugere a abertura para uma visão mais integrada e contextualizada, embora ainda pouco predominante.

Figura 5.48 – Percepção dos professores sobre subtópicos da Função Afim (1º ano EM) – Barras empilhadas com "Costumo ensinar" (2025)



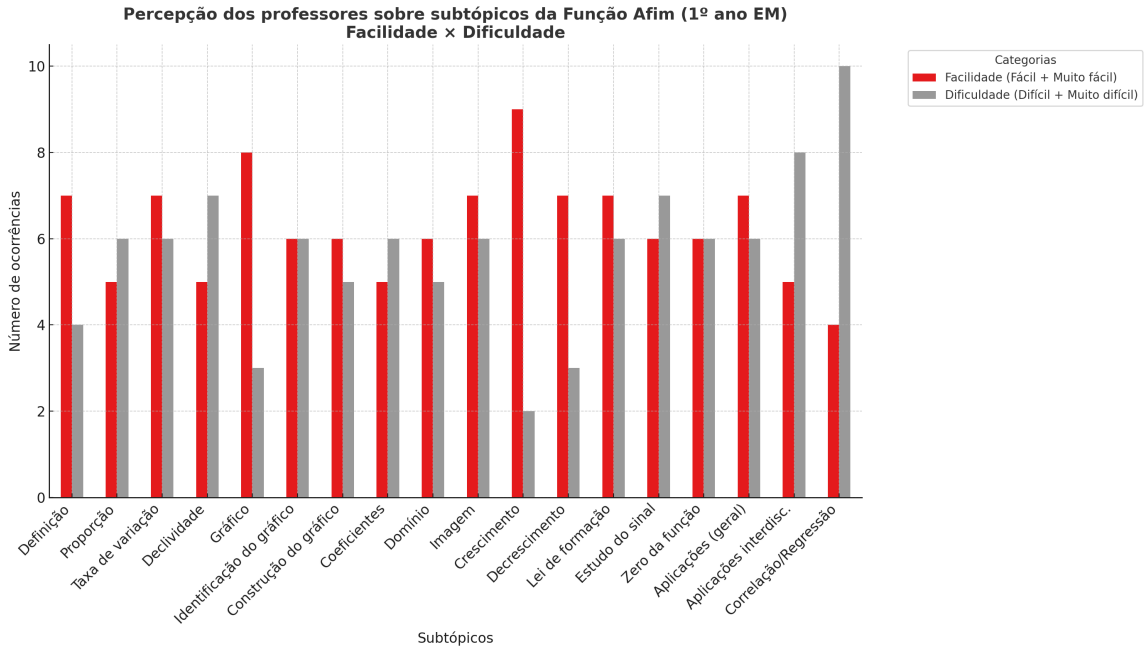
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Figura 5.49 – Percepção dos professores sobre subtópicos da Função Afim (1º ano EM) – Barras múltiplas (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Figura 5.50 – Percepção dos professores sobre subtópicos da Função Afim (1º ano EM) – Facilidade × Dificuldade (2025)



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O primeiro gráfico (Figura 5.48) mostra que todos os subtópicos da Função Afim são efetivamente ensinados pelos professores, com predominância da categoria *costumo ensinar*. Esse dado evidencia uma cobertura ampla do conteúdo em sala de aula, ainda que haja variação nas percepções de facilidade ou dificuldade atribuídas a cada item.

O segundo gráfico (Figura 5.49), ao destacar apenas as categorias de facilidade e dificuldade, permite observar um contraste significativo: subtópicos de natureza mais algébrica, como *taxa de variação*, *coeficientes* e *lei de formação*, são percebidos como relativamente mais acessíveis, enquanto aqueles que envolvem maior carga interpretativa e aplicação em contextos diversos, como *aplicações gerais*, *aplicações interdisciplinares* e *correlação/regressão*, concentram maiores índices de dificuldade.

O terceiro gráfico (Figura 5.50), ao agrupar as respostas em duas grandes categorias (*facilidade* e *dificuldade*), reforça esse padrão: subtópicos como *declividade*, *construção do gráfico*, *domínio*, *decrescimento* e *lei de formação* são mais frequentemente associados à facilidade de ensino, ao passo que outros, como *zero da função*, *aplicações interdisciplinares* e *correlação/regressão*, aparecem vinculados à dificuldade. Esse resultado indica que a passagem do tratamento algébrico para a representação gráfica e, sobretudo, a articulação com situações aplicadas constituem o núcleo de maior desafio para os docentes.

Em síntese, os três gráficos de 2025 mostram que os professores mantêm o compromisso de trabalhar a totalidade dos subtópicos da Função Afim, mas percebem níveis distintos de complexidade entre eles. Enquanto as dimensões mais formais e estruturais da função são vistas como de ensino relativamente acessível, as dimensões aplicadas e interdisci-

plinares são consideradas mais desafiadoras. Essas conclusões reforçam a necessidade de metodologias que favoreçam a conversão entre diferentes registros e a inserção de situações contextualizadas, em consonância com a perspectiva da BNCC (Brasil, 2018) e com a teoria dos registros de representação semiótica de (Duval; Moretti, 2012).

5.3 Comparações e síntese interpretativa

Ao concluir a análise isolada dos resultados referentes aos anos de 2020 e 2025, torna-se necessário avançar para uma leitura comparativa, capaz de evidenciar não apenas permanências, mas também transformações no perfil docente e em suas práticas pedagógicas. Nesse sentido, a comparação entre os dois momentos da pesquisa funciona como um eixo articulador, permitindo compreender em que medida os dados apontam para tendências consistentes ou para mudanças significativas na realidade investigada.

Tabela 5.1 – Distribuição por sexo dos professores respondentes.

Sexo	2020 (%)	2025 (%)
Masculino	89,7	70,0
Feminino	10,3	30,0

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.1 a comparação entre os dois períodos evidencia mudanças significativas na composição de gênero do corpo docente. Em 2020, a presença masculina era amplamente majoritária, com 89,7% (26 professores), contra apenas 10,3% de participação feminina (3 professoras). Já em 2025, embora os homens ainda predominem (70,0%), observa-se um crescimento expressivo da participação feminina, que alcança 30,0% (9 professoras).

Esse dado sugere um movimento em direção a maior equilíbrio na composição de gênero entre os docentes de Matemática da região pesquisada. A ampliação da presença feminina pode indicar tanto a abertura de novas oportunidades acadêmicas e profissionais para mulheres quanto transformações mais amplas no perfil de ingresso e permanência na carreira docente em Matemática. Portanto, enquanto 2020 retratava um cenário de forte predominância masculina, em 2025 delineia-se uma configuração mais diversa, apontando para um processo de mudança cultural e institucional que tende a favorecer a equidade de gênero.

Tabela 5.2 – Distribuição por faixa etária dos professores respondentes.

Faixa etária	2020 (%)	2025 (%)
18–23 anos	–	6,7
24–29 anos	10,3	16,7
30–35 anos	24,1	13,3
36–41 anos	27,6	20,0
42–47 anos	24,1	13,3
48–53 anos	10,3	13,3
54–59 anos	–	10,0
60–65 anos	3,4	–
66–71 anos	–	6,7

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.2, em 2020, a distribuição etária concentrava-se entre 30 e 47 anos (mais de 75% dos respondentes), sinalizando um corpo docente predominantemente em meia carreira. Já em 2025, observa-se maior dispersão, com presença significativa tanto de docentes mais jovens (18–29 anos, 23,4% no total) quanto de faixas etárias mais elevadas (acima de 54 anos, 16,7%).

Essa ampliação da diversidade etária sugere um cenário de renovação e de continuidade: por um lado, a inserção de novos professores indica processos de rejuvenescimento da carreira; por outro, a permanência de docentes em faixas mais avançadas evidencia experiência acumulada e resistência na profissão. A comparação, portanto, mostra que, enquanto em 2020 predominava um perfil concentrado de meia idade, em 2025 delineia-se um quadro mais heterogêneo, no qual convivem diferentes gerações de professores, com implicações para a troca de saberes e a construção coletiva de práticas pedagógicas.

Tabela 5.3 – Distribuição por escolaridade dos professores respondentes.

Escolaridade	2020 (%)	2025 (%)
Ensino Médio	–	6,9
Ensino Superior completo	13,8	17,2
Especialização	44,8	44,8
Mestrado	41,4	24,1
Doutorado	–	6,9

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.3, em 2020, predominavam professores com pós-graduação *lato sensu* (44,8%) e mestrado (41,4%), enquanto a graduação representava apenas 13,8% e não havia registro de docentes com doutorado. Já em 2025, observa-se uma diversificação das titulações: a especialização manteve-se no mesmo patamar (44,8%), mas o percentual de mestres reduziu-se para 24,1%, abrindo espaço para novos perfis — como doutores (6,9%) e, em menor escala, professores com apenas ensino médio (6,9%). Além disso, cresceu

a proporção de docentes que permanecem apenas com a graduação (17,2%). Assim, o panorama atual apresenta maior heterogeneidade, marcada tanto pelo avanço de alguns para a formação *stricto sensu* quanto pela entrada de novos profissionais em níveis inferiores de escolaridade, o que sugere simultaneamente processos de renovação e de polarização na qualificação docente.

Tabela 5.4 – Distribuição por formação em nível superior dos professores respondentes.

Formação	2020 (%)	2025 (%)
Licenciatura em Matemática	80,0	83,3
Licenciatura em Ciências – Habilitação em Matemática	10,0	6,7
Bacharelado em Matemática	3,3	–
Matemática e Direito	3,3	–
Licenciatura em Matemática e Licenciatura em Pedagogia	3,3	–
Pedagogia	–	3,3
Matemática + Engenharias	–	3,3
Matemática + Física + Educação Física	–	3,3

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.4, em 2020, a Licenciatura em Matemática já se apresentava como eixo dominante da formação docente (80,0%), seguida pela Licenciatura em Ciências com habilitação em Matemática (10,0%) e por uma dispersão de formações menos representativas — como o Bacharelado em Matemática (3,3%), Matemática e Direito (3,3%) e a combinação entre Licenciatura Plena em Matemática e Pedagogia (3,3%). Já em 2025, observa-se a manutenção da centralidade da Licenciatura em Matemática (83,3%), mas acompanhada da emergência de novos perfis, como a Pedagogia (3,3%) e formações interdisciplinares envolvendo Matemática com Engenharias (3,3%) ou com Física e Educação Física (3,3%). Esse quadro comparativo revela a continuidade da hegemonia da Licenciatura em Matemática, ao mesmo tempo em que evidencia uma maior diversidade formativa, marcada pelo surgimento de percursos interdisciplinares e pela presença de novos arranjos acadêmicos.

Tabela 5.5 – Distribuição por área temática das especializações dos professores respondentes.

Área temática	2020 (%)	2025 (%)
Ensino/Educação Matemática	25,0	50,0
Matemática (formação inicial, estatística, variações)	35,0	25,0
Docência e Gestão Educacional	20,0	12,5
Educação Especial e Inclusiva	5,0	–
Educação e modalidades específicas	–	8,3
Áreas interdisciplinares e afins	15,0	4,2
Psicologia/Educação	–	4,2

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.5, em 2020, as especializações apresentavam-se dispersas, embora com

destaque para áreas ligadas à Matemática (35,0%) e ao Ensino/Educação Matemática (25,0%). Havia ainda presença relevante em Docência e Gestão Educacional (20,0%), além de registros isolados em Educação Especial e em áreas interdisciplinares. Já em 2025, observa-se uma clara concentração nas especializações voltadas ao Ensino/Educação Matemática (50,0%), acompanhadas por formações em Matemática e áreas correlatas (25,0%). Outras áreas aparecem em menor escala, como Docência e Formação de Professores (12,5%), Educação em modalidades específicas (8,3%), Psicologia da Educação (4,2%) e percursos interdisciplinares (4,2%). Essa comparação evidencia um movimento de consolidação do eixo "Ensino/Educação Matemática", que se fortalece em 2025, ao mesmo tempo em que persiste a diversificação formativa em áreas complementares, sugerindo maior alinhamento com as demandas contemporâneas de formação docente.

Tabela 5.6 – Distribuição por área de mestrado dos professores respondentes.

Área do Mestrado	2020 (%)	2025 (%)
Educação Matemática	8,3	–
Matemática	8,3	–
Matemática Aplicada e Computacional	16,7	12,5
PROFMAT (Mestrado Profissional em Matemática)	41,7	50,0
Mestrado Acadêmico em Matemática	8,3	–
Mestrado em Ensino de Ciências Exatas	8,3	–
Educação	8,3	–
Ensino de Matemática	–	12,5
Matemática para o Ensino Médio	–	12,5
Engenharia de Materiais	–	12,5

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.6, em 2020, os programas de mestrado apresentavam-se relativamente dispersos, com predominância clara do PROFMAT (41,7%), seguido por Matemática Aplicada e Computacional (16,7%) e pequenas participações em áreas como Educação Matemática, Matemática pura, Ensino de Ciências Exatas e Educação (todas com 8,3%). Já em 2025, a configuração se mostra mais enxuta e concentrada: o PROFMAT amplia sua relevância (50,0%) e surgem novas denominações mais voltadas para a prática docente, como Ensino de Matemática (12,5%) e Matemática para o Ensino Médio (12,5%), além da continuidade em Matemática Aplicada e Computacional (12,5%). Destaca-se também a presença de um curso fora do eixo educacional tradicional — Engenharia de Materiais (12,5%). Esse contraste revela um movimento de consolidação do PROFMAT como principal via de formação stricto sensu, acompanhado da emergência de mestrados mais alinhados ao ensino de Matemática, ainda que coexistam percursos alternativos em áreas científicas e tecnológicas.

Tabela 5.7 – Distribuição por área de doutorado dos professores respondentes.

Área do Doutorado	2020 (%)	2025 (%)
Matemática Aplicada	100,0	33,3
Ciências da Educação	–	33,3
Educação em Ciências e Matemática (em curso)	–	33,3

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.7, em 2020, a única referência de doutorado entre os docentes encontrava-se em Matemática Aplicada (100,0%), sinalizando um quadro ainda incipiente de formação stricto sensu nesse nível. Já em 2025, nota-se uma diversificação importante: além da continuidade em Matemática Aplicada (33,3%), surgem novas inserções em Ciências da Educação (33,3%) e em Educação em Ciências e Matemática (33,3%, em curso). Essa ampliação evidencia um movimento de expansão e diversificação das trajetórias doutorais, indicando que, embora ainda pouco expressivo numericamente, o corpo docente começa a investir em formações mais avançadas, tanto no campo da Matemática quanto em áreas ligadas à Educação e ao ensino de Ciências.

Tabela 5.8 – Distribuição por intervalo de conclusão da maior formação dos professores respondentes.

Intervalo	2020 (%)	2025 (%)
Até 2005	13,8	16,7
2006–2010	17,2	10,0
2011–2015	31,0	13,3
2016–2020	37,9	33,3
2021–2025	–	26,7

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.8, a distribuição por intervalos regulares revela que, em 2020, predominavam as titulações concluídas entre 2011 e 2020 (68,9% no total), configurando um corpo docente que havia se qualificado, em sua maioria, na década anterior. Já em 2025, o cenário mostra maior dispersão: embora persista uma base importante de conclusões entre 2016 e 2020 (33,3%), cresce o peso das formações mais recentes, realizadas entre 2021 e 2025 (26,7%). Esse movimento sugere um processo de renovação contínua, no qual professores mais experientes (formados até 2010) convivem com docentes que obtiveram suas titulações mais altas em anos muito recentes, configurando um quadro de heterogeneidade temporal na formação acadêmica.

Tabela 5.9 – Distribuição por período de conclusão do ensino superior dos professores respondentes.

Intervalo	2020 (%)	2025 (%)
1990–1999	3,4	14,8
2000–2004	34,5	–
2000–2009	–	37,0
2005–2009	24,1	–
2010–2014	17,2	–
2010–2019	–	25,9
2015–2019	20,8	–
2020–2025	–	22,2

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.9, em 2020, predominavam os professores que concluíram a graduação entre 2000 e 2009 (58,6% somando 2000–2004 e 2005–2009), indicando que grande parte do corpo docente possuía entre 10 e 20 anos de formação. Já em 2025, mantém-se esse predomínio (37,0% no intervalo 2000–2009), mas há um aumento significativo de professores formados em períodos mais recentes (2020–2025, com 22,2%) e também uma base mais expressiva de docentes com formações antigas (1990–1999, com 14,8%). Essa mudança sugere um corpo docente mais heterogêneo, marcado pela convivência entre profissionais experientes, com longa trajetória acadêmica, e novos ingressantes que concluíram recentemente o ensino superior. O quadro evidencia, portanto, um movimento de renovação geracional, sem perder a continuidade da experiência acumulada.

Tabela 5.10 – Distribuição por período de conclusão da especialização dos professores respondentes.

Período	2020 (%)	2025 (%)
2000–2009	21,1	39,1
2010–2019	78,9	30,4
2020–2025	–	30,4

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.10, em 2020, a imensa maioria das especializações concentrava-se no período 2010–2019 (78,9%), com menor presença no intervalo 2000–2009 (21,1%) e ausência de registros mais recentes. Já em 2025, o cenário mostra maior equilíbrio: 39,1% no período 2000–2009, 30,4% entre 2010–2019 e 30,4% em 2020–2025. Esse contraste evidencia um processo de atualização contínua: de uma concentração em formações obtidas até 2019 para uma distribuição mais homogênea, indicando que a especialização permanece como uma via recorrente de formação docente ao longo do tempo.

Tabela 5.11 – Distribuição por período de conclusão do mestrado dos professores respondentes.

Período	2020 (%)	2025 (%)
2010–2014	38,5	11,1
2015–2019	61,5	66,7
2020–2025	–	22,2

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.11, em 2020, a maioria dos mestrados havia sido concluída no quinquênio 2015–2019 (61,5%), com parcela menor no intervalo 2010–2014 (38,5%) e ausência de registros mais recentes. Já em 2025, embora persista a concentração em 2015–2019 (66,7%), surgem novos títulos no período 2020–2025 (22,2%), além de pequena presença remanescente em 2010–2014 (11,1%). Esse movimento sugere um processo de continuidade com renovação moderada: o núcleo de mestres permanece oriundo de formações obtidas entre 2015 e 2019, mas há sinais de ingresso de novos titulados no ciclo mais recente (2020–2025), o que tende a atualizar e fortalecer a qualificação docente.

Tabela 5.12 – Distribuição do tempo de serviço dos professores respondentes.

Tempo de serviço	2020 (%)	2025 (%)
1–5 anos	10,7	26,7
6–10 anos	14,3	13,3
11–15 anos	32,1	10,0
16–20 anos	28,6	10,0
21–25 anos	14,3	23,3
31–35 anos	–	6,7
Mais de 35 anos	–	10,0

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.12, em 2020, predominavam os docentes com tempo de serviço intermediário, entre 11 e 20 anos (60,7% do total), revelando um corpo docente consolidado, em plena maturidade profissional. Já em 2025, o perfil torna-se mais heterogêneo: cresce significativamente o grupo mais jovem na carreira (1–5 anos, 26,7%), mas também se ampliam as faixas superiores (21–25 anos, 23,3%; 31–35 anos, 6,7%; mais de 35 anos, 10,0%). Esse contraste evidencia um movimento de polarização geracional: de um lado, a entrada de novos professores; de outro, a permanência de profissionais com longa trajetória, o que sugere um campo marcado tanto pela renovação quanto pela experiência acumulada. Essa convivência intergeracional tende a enriquecer o ambiente escolar, favorecendo trocas de práticas e saberes.

Tabela 5.13 – Formas de iniciar as aulas de Matemática segundo os professores respondentes.

Forma de início da aula	2020 (%)	2025 (%)
Com uma situação-problema para depois introduzir o assunto	62,1	64,3
Pelo conceito seguido de exemplos e exercícios	31,1	28,6
Lanço a ideia, como surgiu	3,4	–
Pela relação histórica do conteúdo, seu desenvolvimento e aplicações	3,4	–
Com a criação de um modelo para situação e análise posterior	–	7,1

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.13, tanto em 2020 quanto em 2025, predomina o início das aulas a partir de uma situação-problema (62,1% e 64,3%, respectivamente), evidenciando a valorização da contextualização como estratégia pedagógica. O recurso ao conceito seguido de exemplos e exercícios também se mantém como alternativa recorrente (31,1% em 2020; 28,6% em 2025), funcionando como abordagem complementar. As diferenças aparecem nos métodos minoritários: em 2020 surgiam referências a abordagens históricas ou à ideia de apresentar a origem do conteúdo (3,4% cada), enquanto em 2025 desponta uma proposta inovadora — a criação de um modelo para situação e posterior análise (7,1%). Essa comparação sugere um processo de continuidade com inovação: os professores preservam estratégias já consolidadas, mas também começam a experimentar práticas mais investigativas e modeladoras, alinhadas a metodologias ativas de ensino.

Tabela 5.14 – Aspectos de que os professores mais sentem falta ao ministrar aulas de Matemática.

Aspecto	2020 (%)	2025 (%)
Recursos didáticos e pedagógicos	41,4	70,0
Metodologias diferenciadas de ensino	24,1	10,0
Formação continuada	17,2	3,3
Compreensão dos conceitos matemáticos	6,9	–
Apropriação dos conteúdos do ensino fundamental	3,4	–
Envolvimento dos alunos	3,4	–
Formação inicial sólida	3,4	10,0
Base conceitual dos estudantes	–	3,3
Domínio de classe	–	3,3

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.14, em 2020, os professores destacavam sobretudo a carência de recursos didáticos e pedagógicos (41,4%) e de metodologias diferenciadas de ensino (24,1%), além de demandas ligadas à formação continuada (17,2%). Outros pontos, como dificuldades conceituais dos alunos, apropriação insuficiente dos conteúdos do ensino fundamental,

envolvimento discente e fragilidades da formação inicial, apareciam de forma mais dispersa. Já em 2025, observa-se um salto expressivo na ênfase sobre recursos didáticos e pedagógicos (70,0%), acompanhado por referências pontuais a metodologias diferenciadas (10,0%) e formação inicial sólida (10,0%). Demandas como base conceitual dos estudantes, domínio de classe e formação continuada aparecem apenas de modo residual (3,3% cada). Esse contraste evidencia uma tendência de centralização das necessidades docentes em torno dos recursos didáticos, sinalizando que, embora aspectos metodológicos e formativos continuem presentes, a carência material e pedagógica tornou-se o elemento mais crítico no período recente.

Tabela 5.15 – Critérios de seleção de conteúdos de Matemática segundo os professores respondentes.

Critério	2020 (%)	2025 (%)
Livro Didático	35,1	33,3
Base Nacional Comum Curricular – BNCC	29,7	35,2
Caderno de Orientações da Rede de Ensino	18,9	18,5
Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN	8,1	9,3
Projeto Pedagógico do Curso (PPC / Ementa)	5,4	1,9
Questões do dia a dia do aluno	2,7	–
Documento Currículo do Maranhão	–	1,9

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.15, em 2020, a seleção dos conteúdos estava fortemente ancorada no Livro Didático (35,1%) e na BNCC (29,7%), com apoio relevante do Caderno de Orientações da Rede de Ensino (18,9%). Outros documentos, como os PCN (8,1%) e o PPC/Ementa (5,4%), apareciam de forma secundária, enquanto a consideração de questões do dia a dia do aluno era praticamente residual (2,7%). Já em 2025, a BNCC assume ligeira primazia (35,2%), seguida muito de perto pelo Livro Didático (33,3%), mantendo-se o Caderno de Orientações (18,5%) e os PCN (9,3%). O Documento Currículo do Maranhão (1,9%) surge como novidade, ainda que em proporção mínima, assim como persiste de modo marginal o PPC/Ementa (1,9%). Essa comparação mostra que, de 2020 para 2025, houve uma continuidade na centralidade da BNCC e do Livro Didático, mas também um movimento de alinhamento curricular mais explícito, em que documentos oficiais — nacionais e estaduais — passam a ocupar lugar de maior referência, reduzindo a influência de critérios individuais ou locais.

Tabela 5.16 – Principais formas de avaliação aplicadas pelos professores de Matemática.

Forma de avaliação	2020 (%)	2025 (%)
Prova escrita	42,2	32,6
Trabalhos em grupo ou individuais	26,6	30,3
Produções no caderno	17,2	20,2
Autoavaliação	7,8	7,9
Prova oral	3,1	4,5
Participações durante as aulas	1,6	–
Seminários / Apresentações	1,6	1,1
Atividades tecnológicas	–	1,1
Pesquisas / resolução de problemas do cotidiano	–	1,1
Prova objetiva	–	1,1

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.16, em 2020, a prova escrita configurava-se como o principal instrumento avaliativo (42,2%), seguida por trabalhos em grupo ou individuais (26,6%) e produções no caderno (17,2%). Outras práticas apareciam de forma mais marginal, como a autoavaliação (7,8%), a prova oral (3,1%) e participações/seminários (1,6% cada). Já em 2025, embora a prova escrita continue predominante (32,6%), observa-se uma maior diversificação: trabalhos em grupo (30,3%) e produções no caderno (20,2%) praticamente se equiparam, enquanto se mantêm as práticas de autoavaliação (7,9%) e prova oral (4,5%). Além disso, surgem novas modalidades — atividades tecnológicas, pesquisas contextualizadas e prova objetiva (todas com 1,1%) — que ampliam o repertório avaliativo. Esse contraste aponta para um movimento de descentralização da prova escrita e de incremento de práticas avaliativas diversificadas, em sintonia com abordagens mais dinâmicas e contextualizadas do processo de ensino-aprendizagem.

Tabela 5.17 – Formas de fixação do conteúdo de Matemática utilizadas pelos professores.

Forma de fixação	2020 (%)	2025 (%)
Apresentar lista de exercícios	60,0	86,7
Mandar resolver exercícios do livro	33,3	6,7
Propor resolução com softwares	3,3	–
Atividade escrita com questões abertas	3,3	–
Apresentar jogos envolvendo o assunto	–	3,3
Não propor questões de fixação	–	3,3

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.17, em 2020, a fixação do conteúdo ocorria predominantemente pela apresentação de listas de exercícios (60,0%) e pela resolução de atividades do livro didático (33,3%). Outras práticas, como o uso de softwares ou a proposição de questões abertas, apareciam de modo residual (3,3% cada). Já em 2025, verifica-se um reforço ainda maior da prática tradicional de listas de exercícios (86,7%), acompanhada de participação marginal

de outros recursos, como jogos envolvendo o assunto (3,3%) e até a opção de não propor questões de fixação (3,3%). Essa comparação revela uma tendência de intensificação da prática tradicional de exercícios, em detrimento da diversificação de estratégias. Enquanto em 2020 havia sinais, ainda que tímidos, de alternativas como softwares e questões abertas, em 2025 o foco concentra-se quase exclusivamente em exercícios repetitivos, o que levanta questões sobre o espaço dado a metodologias mais inovadoras de fixação.

Tabela 5.18 – Oferta de formação continuada pela rede de ensino segundo os professores respondentes.

Frequência da oferta	2020 (%)	2025 (%)
Não oferece	11,5	7,1
Oferece raramente	46,2	39,3
Oferece frequentemente	30,8	46,4
Sempre	11,5	7,1

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.18, em 2020, predominava a percepção de que a rede de ensino oferecia formação continuada apenas raramente (46,2%), embora houvesse registros de oferta frequente (30,8%) e situações extremas tanto de ausência completa (11,5%) quanto de oferta permanente (11,5%). Já em 2025, observa-se um deslocamento positivo: cresce a proporção de docentes que afirmam que a formação continuada é oferecida frequentemente (46,4%), ao mesmo tempo em que se reduz a percepção de ausência total (7,1%). Contudo, a categoria "sempre" também perde espaço (7,1%), sugerindo que a regularidade absoluta ainda não é uma realidade consolidada. Esse contraste indica uma tendência de fortalecimento da oferta regular de formação continuada, ainda que marcada por desigualdades e pela predominância do caráter "frequente", sem alcançar a universalidade desejada.

Tabela 5.19 – Frequência de participação dos professores em cursos de formação continuada.

Frequência	2020 (%)	2025 (%)
Participa poucas vezes	27,6	20,0
Participa muitas vezes	44,8	43,3
Sempre	27,6	36,7

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.19, em 2020, a maioria dos docentes relatava participar muitas vezes de cursos de formação continuada (44,8%), seguida de proporções equilibradas entre os que participavam poucas vezes (27,6%) e os que afirmavam participar sempre (27,6%). Já em 2025, esse cenário apresenta uma evolução positiva: mantém-se o núcleo dos que participam muitas vezes (43,3%), mas cresce a parcela dos que declaram participação sempre (36,7%), enquanto diminui o grupo dos que participam apenas esporadicamente (20,0%). Essa comparação sugere um processo de fortalecimento da cultura de formação

continuada, em que mais professores passam a se engajar sistematicamente, reforçando a perspectiva de desenvolvimento profissional ao longo da carreira docente.

Tabela 5.20 – Percepção dos professores sobre a dificuldade de ensinar Matemática.

Resposta	2020 (%)	2025 (%)
Sim	24,1	36,7
Não	75,9	63,3

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.20, em 2020, a maioria dos professores não considerava a Matemática uma disciplina difícil de ser ensinada (75,9%), enquanto apenas um quarto (24,1%) reconhecia dificuldades. Já em 2025, embora ainda predomine a percepção de que o ensino da Matemática não é, em si, difícil (63,3%), cresce de forma notável o grupo dos que afirmam o contrário (36,7%). Esse movimento sugere uma mudança de percepção docente, possivelmente vinculada às novas demandas curriculares, à heterogeneidade discente e à necessidade de integrar tecnologias e metodologias diversificadas. Assim, ainda que a maioria mantenha uma visão de relativa naturalidade no ensino da disciplina, aumenta o reconhecimento das complexidades didáticas e pedagógicas envolvidas.

Tabela 5.21 – Percepção dos professores sobre o gosto dos alunos pela Matemática.

Resposta	2020 (%)	2025 (%)
A maioria	17,9	13,3
A minoria	82,1	86,7

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.21, em ambos os levantamentos, prevalece a percepção de que apenas a minoria dos alunos gosta de Matemática, embora haja uma leve piora entre 2020 (82,1%) e 2025 (86,7%). O grupo de professores que enxerga na disciplina um interesse majoritário entre os estudantes permanece reduzido, caindo de 17,9% para 13,3%. Essa constância — com viés de agravamento — aponta para um cenário de baixa atratividade da Matemática, o que reforça a necessidade de práticas mais inovadoras, do uso de recursos didáticos diversificados e de metodologias que conectem a disciplina aos contextos reais dos alunos.

Tabela 5.22 – Principais dificuldades dos alunos nas aulas de Matemática segundo os professores.

Dificuldade	2020 (%)	2025 (%)
Resolução de problemas	34,5	35,5
Compreensão dos conceitos/ideias	34,5	22,6
Realizar cálculo	20,7	22,6
Compreensão das regras	6,9	16,1
Desânimo / falta de motivação	3,4	–
Falta de interesse	–	3,2

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.22, nos dois levantamentos, destaca-se a resolução de problemas como a maior dificuldade dos estudantes (34,5% em 2020 e 35,5% em 2025). Em 2020, essa dificuldade aparecia acompanhada de forma equivalente pela compreensão de conceitos e ideias (34,5%), que em 2025 perde relevância relativa (22,6%). Já as dificuldades ligadas a realizar cálculos permanecem estáveis (20,7% em 2020; 22,6% em 2025), enquanto cresce o peso da compreensão de regras (de 6,9% para 16,1%). Aspectos de motivação e engajamento aparecem de forma residual nos dois anos, sob diferentes denominações (3,4% em 2020; 3,2% em 2025). Esse contraste evidencia que, embora a resolução de problemas continue sendo o maior obstáculo, há uma mudança no perfil das dificuldades: em 2020, predominava a carência de compreensão conceitual; em 2025, observa-se maior dispersão, com ênfase adicional em regras e cálculos. Tal cenário sugere a necessidade de metodologias que integrem construção conceitual, práticas de cálculo e estratégias de resolução de problemas, superando a fragmentação no ensino.

Tabela 5.23 – Bloco de conteúdos de Matemática considerado mais importante pelos professores.

Bloco de conteúdos	2020 (%)	2025 (%)
Números e operações	65,5	86,7
Tratamento da informação	24,1	6,7
Grandezas e medidas	6,9	3,3
Espaço e forma	3,5	3,3

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.23, em ambos os levantamentos, o bloco Números e operações se destaca como o mais valorizado pelos professores, passando de 65,5% em 2020 para 86,7% em 2025. Esse crescimento reforça a centralidade atribuída a conteúdos ligados ao cálculo, às operações aritméticas e ao desenvolvimento algébrico. Por outro lado, os demais blocos curriculares apresentam baixa representatividade: em 2020, havia alguma relevância no Tratamento da informação (24,1%), mas em 2025 essa presença se reduz a apenas 6,7%. Já Grandezas e medidas e Espaço e forma permanecem marginais nos dois momentos (menos de 7%). Esse contraste evidencia um processo de concentração curricular, em

que os conteúdos numéricos absorvem a prioridade quase exclusiva, relegando a segundo plano outros blocos que poderiam contribuir para a formação integral dos estudantes. Tal cenário suscita reflexão sobre a necessidade de equilibrar o currículo, ampliando o espaço de temas como estatística, geometria e medidas, fundamentais para a cidadania e para a interdisciplinaridade.

As justificativas apresentadas pelos docentes reforçam, em ambos os levantamentos, a centralidade do bloco Números e Operações como fundamento incontornável para a compreensão da Matemática. Em 2020, a ênfase recaía sobretudo na ideia de que esse bloco constitui a base para os demais conteúdos, sustentada por diagnósticos recorrentes sobre as deficiências dos alunos nas quatro operações fundamentais: "um aluno que não domina as operações não consegue desenvolver nos demais conteúdos". Além disso, as falas destacavam a aplicabilidade prática desse eixo em situações cotidianas, justificando sua relevância como ponto de partida para a progressão curricular. De modo minoritário, surgiram também vozes que relativizaram a hierarquia rígida entre blocos, apontando para a importância do Tratamento da Informação e defendendo a integração entre diferentes registros de representação.

Já em 2025, esse movimento de valorização de Números e Operações se intensifica, consolidando uma visão ainda mais sequencial e convencional do currículo, em que as operações básicas aparecem como alicerce indispensável para qualquer avanço. Contudo, as falas também revelam novas justificativas: parte dos docentes associa esse bloco à vida cotidiana (compras, porcentagens, frações, proporções), reforçando a dimensão de competências aplicadas e aproximando o discurso das orientações da BNCC, que enfatizam a resolução de problemas em contextos significativos. Outros ressaltam seu papel na formação do raciocínio lógico-matemático, entendido como condição para a compreensão dos conteúdos mais complexos.

Assim, as falas dos professores apontam para duas tendências complementares: de um lado, a consolidação de uma concepção cumulativa e escalonada, em que o domínio das operações básicas é considerado pré-requisito absoluto; de outro, a presença mais pontual de uma perspectiva que reconhece a aplicabilidade prática e a necessidade de articulação entre blocos. A comparação mostra que, de 2020 para 2025, houve o fortalecimento da visão tradicional, ao passo que diminuíram as vozes integradoras, ainda que estas se mantenham como referência potencial para uma abordagem curricular mais equilibrada, conforme prevê a BNCC.

Tabela 5.24 – Percepção dos professores sobre subtópicos da Função Afim (facilidade × dificuldade).

Subtópico	Facilidade (%)	Dificuldade (%)
Definição	60,0	40,0
Proporção	45,5	54,5
Taxa de variação	50,0	50,0
Declividade	30,0	70,0
Gráfico	72,7	27,3
Identificação do gráfico	50,0	50,0
Construção do gráfico	45,5	54,5
Coeficientes	45,5	54,5
Domínio	54,5	45,5
Imagem	45,5	54,5
Crescimento	81,8	18,2
Decrescimento	63,6	36,4
Lei de formação	90,9	9,1
Estudo do sinal	58,3	41,7
Zero da função	50,0	50,0
Aplicações (geral)	53,8	46,2
Aplicações interdisciplinares	38,5	61,5
Correlação/Regressão	28,6	71,4

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 5.24, a análise das respostas docentes, organizadas nas categorias de facilidade e dificuldade, revela um panorama heterogêneo das percepções. Alguns subtópicos aparecem associados predominantemente à facilidade, como é o caso de gráfico, crescimento, decrescimento e lei de formação. Esses itens são percebidos como mais acessíveis para o trabalho em sala de aula, seja pela visualidade que oferecem, seja pela ligação mais direta com a prática de exercícios.

Outros subtópicos apresentam equilíbrio entre facilidade e dificuldade, indicando percepções divergentes entre os professores. É o caso de definição, proporção, taxa de variação, identificação do gráfico, construção do gráfico, zero da função e aplicações gerais. Nesses tópicos, a percepção não é consensual: para parte dos docentes, o ensino é relativamente simples, mas para outros exige maior esforço e apresenta obstáculos didáticos.

Há, por fim, um conjunto de subtópicos marcados pela predominância de dificuldades. Destacam-se declividade, coeficientes, imagem, estudo do sinal, aplicações interdisciplinares e, sobretudo, correlação/regressão. Estes são percebidos como os pontos mais árduos do ensino da função afim, em geral pela exigência de maior abstração conceitual ou pela necessidade de articulação com registros múltiplos e contextos externos à Matemática escolar.

Em síntese, o levantamento mostra que, embora haja subtópicos reconhecidos como mais fáceis e consensuais, a função afim concentra zonas de dificuldade específicas, ligadas tanto a conceitos estruturantes quanto a aplicações de maior complexidade. Esse diagnóstico

reforça a necessidade de estratégias didáticas diferenciadas para enfrentar tais pontos críticos, sobretudo no que diz respeito à coordenação de registros de representação.

5.4 Avaliações externas: PISA, SAEB e SEAMA

Após a análise da percepção docente sobre o ensino da função afim, faz-se necessário considerar também o ponto de vista dos estudantes. Nesse sentido, recorremos às avaliações externas em larga escala, que oferecem um vislumbre sobre o perfil discente no que diz respeito às suas interações com esse objeto matemático. O exame dos dados provenientes do PISA, do SAEB e do SEAMA permite ampliar o diagnóstico, articulando as impressões relatadas pelos professores com evidências empíricas acerca do desempenho dos alunos. Essa aproximação possibilita compreender não apenas as dificuldades recorrentes, mas também os pontos de convergência entre práticas docentes, resultados estudantis e exigências curriculares.

O PISA e as fragilidades relacionadas a funções

O Programme for International Student Assessment (PISA) 2022 — Programa Internacional de Avaliação de Alunos — é uma avaliação internacional que mede o desempenho de estudantes de 15 anos em diversos países. O relatório revelou que apenas 27% dos brasileiros alcançaram ao menos o Nível 2 de proficiência em Matemática, em contraste com os 69% da média da OCDE. Segundo o documento oficial:

> No mínimo, esses estudantes podem interpretar e reconhecer, sem instruções diretas, como uma situação simples pode ser representada matematicamente (por exemplo, comparar a distância total de duas rotas alternativas ou converter preços em uma moeda diferente). ((INEP), 2023b, p. 8).

Tal nível indica a capacidade mínima de interpretar situações simples representadas matematicamente — competências relacionadas à compreensão da função afim. Ademais, o Brasil registrou somente 1% de estudantes nos níveis mais altos (5 ou 6), contra 9% na média da OCDE. Nesses patamares, os estudantes:

> podem simular situações complexas matematicamente e podem selecionar, comparar e avaliar estratégias adequadas de solução de problemas para lidar com elas. ((INEP), 2023b, p. 8)..

Além dos baixos índices de desempenho, o relatório também aponta para um ambiente de aprendizagem fragilizado: mais de 30% dos alunos relataram distrações constantes e dificuldades para acompanhar as aulas de Matemática ((INEP), 2023b). Esse conjunto de fatores ajuda a compreender por que tópicos como taxa de variação, declividade, zero da função e aplicações interdisciplinares permanecem como zonas críticas no ensino e na aprendizagem da função afim.

O SAEB e as aprendizagens relacionadas à função afim

O Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) é uma avaliação em larga escala aplicada pelo INEP, que analisa o desempenho dos estudantes da Educação Básica em todo o país. No ano de 2023, essa avaliação também foi realizada junto ao IFMA Campus Codó, permitindo observar, de maneira mais localizada, como os estudantes da instituição se posicionam na escala nacional de proficiência em Matemática e quais são os pontos mais sensíveis do processo de ensino e aprendizagem.

A escala de proficiência do SAEB é cumulativa e descreve, em níveis sucessivos, as habilidades que os estudantes vão consolidando ao longo da Educação Básica. No caso da Matemática, essa escala traz descritores que se conectam ao estudo de funções, em especial da função afim, permitindo traçar um panorama bastante preciso sobre o que os alunos conseguem ou não realizar quando enfrentam situações desse campo conceitual.

Quadro 5.1 – SAEB (3º ano do EM): marcos de proficiência conectados à função afim

Nível	Habilidade (síntese do descritor SAEB)	Subtópico da função afim
N2	Reconhecer o zero de uma função a partir do gráfico; calcular o valor de $f(x)$ dada a lei de formação.	Zero da função; valor numérico da lei $f(x) = ax + b$.
N4	Identificar o gráfico de uma função a partir de texto; obter a lei de formação de função linear a partir de tabela.	Conversão texto/tabela $\leftrightarrow$ lei $\leftrightarrow$ gráfico.
N5	Avaliar, no gráfico, se a função cresce ou decresce.	Crescimento e decrescimento (taxa qualitativa).
N7	Reconhecer gráfico de função afim por sua expressão; determinar equação da reta por dois pontos; interseção de retas; expressão algébrica a partir de tabela/gráfico.	Lei $\leftrightarrow$ gráfico; interseções; modelagem simples.
N8	Interpretar o significado dos coeficientes na equação reduzida da reta.	Coeficiente angular (a) e linear (b).
N9	Determinar a inclinação/coeficiente angular de retas a partir de equações.	Declividade e cálculo algébrico do coeficiente angular.

Fonte: Boletim da Escola | SAEB 2023 — IFMA Campus Codó.

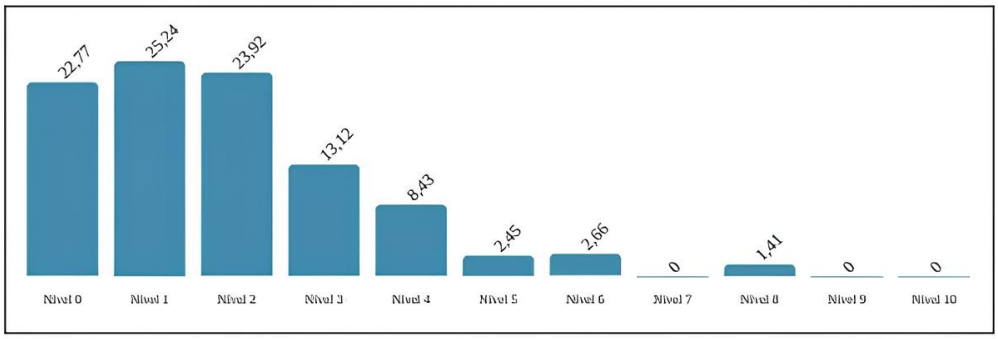
No Quadro 5.1, sintetizamos os principais marcos de proficiência do 3º ano do Ensino Médio associados à função afim. Observa-se uma progressão clara: inicia-se com o reconhecimento de zeros da função e o cálculo de valores pontuais (N2), passa pela conversão entre registros (texto, tabela e gráfico) e a identificação da lei de formação (N4), atinge a análise qualitativa do crescimento ou decrescimento (N5), avança para o núcleo duro da função afim — relações entre lei e gráfico, equação por dois pontos e interseções (N7) — e culmina na leitura semântica dos coeficientes (N8) e no cálculo da declividade via equação (N9).

Esse percurso revela que as dificuldades não estão apenas na execução de cálculos,

mas sobretudo na conversão entre registros e na atribuição de significado aos parâmetros a e b. De fato, muitos estudantes ficam restritos aos níveis intermediários, conseguindo reconhecer gráficos ou valores numéricos, mas não avançam para compreender a função como objeto articulador entre diferentes representações. Nesse sentido, a análise do SAEB confirma e reforça os diagnósticos anteriores: há uma necessidade urgente de investir em atividades que promovam a coordenação de registros, a exploração do coeficiente angular como taxa de variação e do termo constante como condição inicial, bem como problemas que envolvam interseções e modelagens lineares simples. São justamente esses aspectos que fundamentam a proposta da oficina e o desenvolvimento do *Conversor Afim*, alinhando teoria, diagnóstico e prática pedagógica.

A leitura do Quadro 5.1 ganha maior concretude quando observamos a distribuição efetiva dos estudantes do IFMA Campus Codó nos níveis de proficiência, apresentada na Figura 5.51. Nota-se que a maior parte dos alunos permanece concentrada até o Nível 4, ou seja, em patamares que envolvem apenas o cálculo de valores de $f(x)$, o reconhecimento do zero da função e, em alguns casos, a conversão inicial entre registros simples (tabela $\leftrightarrow$ gráfico). A presença reduzida de estudantes nos Níveis 7 a 9 confirma que ainda são poucos os que conseguem transitar entre representações, compreender os coeficientes a e b de forma significativa ou lidar com situações que exigem modelagem e interseção de retas. Em síntese, os dados do gráfico reforçam a interpretação de que o desafio maior não está na execução algorítmica, mas na construção de conexões conceituais e representacionais, exatamente o foco assumido pela proposta do *Conversor Afim*.

Figura 5.51 – Distribuição dos estudantes do IFMA Codó por nível de proficiência em Matemática (SAEB 2023)



Fonte: Boletim da Escola | SAEB 2023 — IFMA Campus Codó.((INEP), 2023a)

O SEAMA e o desempenho em Matemática

O Sistema Estadual de Avaliação do Maranhão (SEAMA) é uma avaliação em larga escala, semelhante ao SAEB, mas voltada especificamente para a realidade educacional maranhense. Em 2025, foi aplicada no Centro de Ensino Colares Moreira, permitindo observar de modo localizado as principais fragilidades no campo da Matemática. Entre os

resultados, destacam-se as habilidades relacionadas ao estudo de funções, em especial da função afim, que mais uma vez se confirmam como um ponto crítico no percurso escolar.

Tabela 5.25 – SEAMA (3º ano do EM): habilidades avaliadas ligadas à função afim

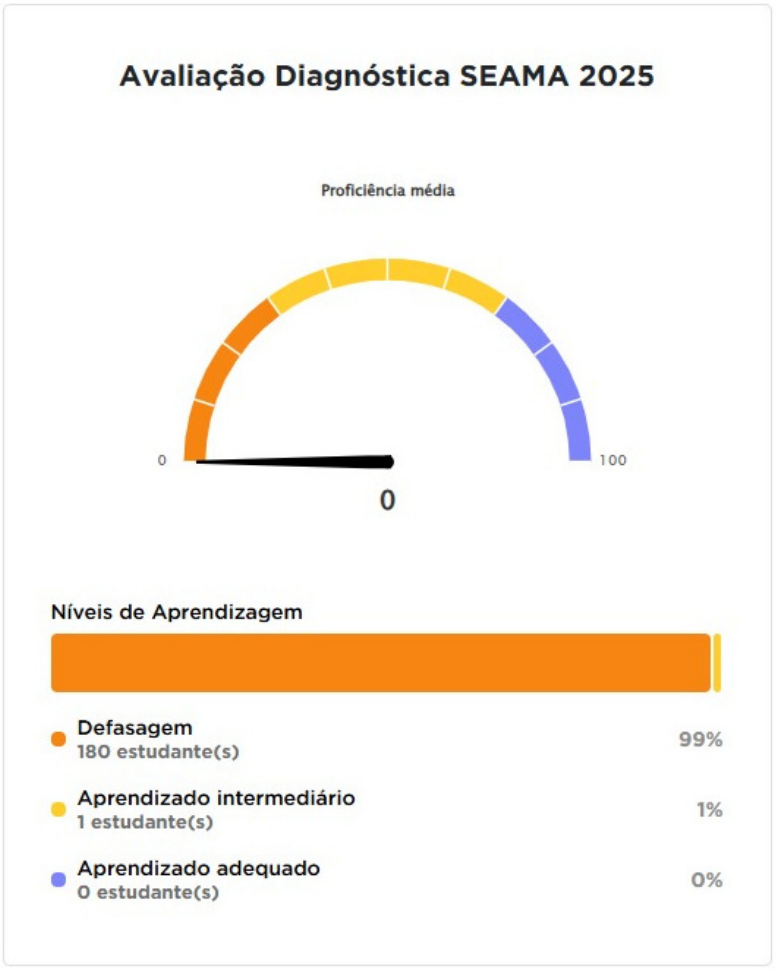
Código	Descrição da habilidade (síntese)	Acerto	Subtópico da função afim
H10 (D066_M)	Analisar regiões de crescimento/decrescimento, domínios de validade ou zeros de funções reais representadas graficamente.	20%	Cresc./decres.; Zero da função.
H11 (D070_M)	Utilizar função polinomial de 1º grau na resolução de problemas.	24%	Lei de formação $f(x) = ax + b$ em situações contextualizadas.

Fonte: SEAMA Diagnóstico 2025 — Centro de Ensino Colares Moreira.

A Tabela 5.25 mostra que as taxas de acerto foram bastante baixas, com apenas 24% dos estudantes resolvendo problemas envolvendo a aplicação direta da lei de formação (H11) e somente 20% conseguindo interpretar graficamente o crescimento, o decrescimento e os zeros da função (H10). Esses resultados revelam que as fragilidades não se restringem à manipulação algorítmica, mas se ampliam para a compreensão conceitual e para a conversão entre registros (gráfico $\leftrightarrow$ expressão algébrica).

Assim como observado no SAEB, a dificuldade maior está na atribuição de significado aos coeficientes da função afim e na mobilização desse conhecimento em contextos variados. Em síntese, os dados do SEAMA no Colares Moreira reforçam a convergência entre os diagnósticos internacionais (PISA), nacionais (SAEB) e estaduais (SEAMA): a função afim é um dos conteúdos de maior complexidade para os estudantes, justificando sua escolha como foco central da oficina e do *Conversor Afim*.

Figura 5.52 – Distribuição dos estudantes do Colares Moreira por níveis de aprendizagem em Matemática (SEAMA 2025)



Fonte: SEAMA Diagnóstico 2025 — Centro de Ensino Colares Moreira.

Os resultados apresentados na Figura 5.52 tornam ainda mais evidente a gravidade do quadro: praticamente a totalidade dos estudantes permanece em situação de defasagem, não alcançando sequer os níveis intermediários de aprendizagem. Esse dado, combinado às baixas taxas de acerto em habilidades específicas da função afim, revela um cenário de desafios profundos para o ensino de Matemática, exigindo intervenções pedagógicas consistentes e contextualizadas.

6 CONSTRUÇÃO DO APLICATIVO

Este capítulo detalha o processo de desenvolvimento do aplicativo Conversor Afim, criado como produto educacional no âmbito deste trabalho. A proposta surgiu da necessidade de articular os conhecimentos de conteúdo, pedagógicos e tecnológicos (TPACK) ao ensino da função afim, oferecendo aos estudantes uma ferramenta interativa que favorece a compreensão conceitual por meio da exploração de diferentes registros de representação semiótica (Duval, 2012).

6.1 Etapas do desenvolvimento do aplicativo

O desenvolvimento do Conversor Afim foi organizado em três etapas principais:

Prototipação – Nesta fase, foram definidos os objetivos pedagógicos, as funcionalidades centrais e o design preliminar das interfaces. Optou-se por um layout simples e intuitivo, adequado ao público-alvo de estudantes do ensino médio, considerando legibilidade, cores contrastantes e ícones de apoio visual. Também foram mapeados os subtópicos da função afim contemplados, de modo a garantir alinhamento com a BNCC e com as dificuldades mais recorrentes diagnosticadas em avaliações externas e em pesquisas locais.

Implementação – A etapa seguinte consistiu na programação do aplicativo no MIT App Inventor, ambiente de desenvolvimento visual que permite a criação de aplicativos móveis por meio de blocos de código. Foram construídos os módulos responsáveis pela conversão entre registros algébrico, gráfico, tabular e verbal, além da inserção de exercícios com feedback automático. Cada funcionalidade foi associada a uma função didática, de modo a não se limitar ao uso tecnológico pelo uso, mas, sim, potencializar a aprendizagem matemática.

Testes e ajustes – A fase final incluiu a aplicação do aplicativo em caráter experimental junto a professores e licenciandos em Matemática. Os testes buscarão verificar usabilidade, clareza das instruções e pertinência pedagógica. A partir do retorno dos participantes, serão realizados ajustes na interface, na sequência de telas e na formulação dos exercícios. Esse ciclo iterativo de validação assegurará maior coerência entre os objetivos de ensino e a experiência do usuário.

6.2 Módulos e suas funções didáticas

A construção do aplicativo envolveu a criação de diferentes módulos, cada qual associado a uma intencionalidade pedagógica:

Módulo Pontos–Reta

Nesta aplicação, o estudante informa as coordenadas de dois pontos e observa sua representação no plano cartesiano, bem como a reta determinada por eles. Não há, neste momento, apresentação da expressão algébrica $f(x) = ax + b$; o foco é a passagem do registro tabular (pares ordenados) para o registro geométrico (pontos e reta).

Essa escolha intencional permite que o aluno perceba, de modo direto e intuitivo, a correspondência entre números e posições no plano, além de compreender que dois pontos distintos definem uma única reta. Ao modificar as coordenadas de um dos pontos, a reta se ajusta automaticamente, revelando como a sua inclinação e posição variam sem que seja necessário recorrer aos coeficientes a e b.

Quando o comando de limpeza não é acionado, várias retas podem ser visualizadas simultaneamente, o que abre espaço para comparações e inferências sobre paralelismo, concorrência e alinhamento de pontos.

Trata-se, portanto, de um módulo introdutório que enfatiza a exploração visual e investigativa da função afim, preparando o terreno para análises mais formais em módulos posteriores.

Módulo Coeficientes e Pontos

Este módulo permite a exploração direta da equação da função afim, na forma $y = ax+b$. O usuário informa valores para os coeficientes a e b e observa a reta correspondente no plano cartesiano, podendo também inserir um ponto $P(x, y)$ para verificar seu pertencimento ou não ao gráfico.

Tal funcionalidade atua em duas dimensões complementares: por um lado, possibilita ao estudante compreender o papel de cada coeficiente, identificando que a define a taxa de variação e a inclinação da reta, enquanto b determina sua interseção com o eixo das ordenadas; por outro lado, favorece a noção de pertencimento, uma vez que apenas os pontos cujas coordenadas satisfazem a equação estão sobre a reta.

Do ponto de vista pedagógico, este recurso dialoga com dificuldades recorrentes evidenciadas em pesquisas e avaliações externas, como a confusão entre interceptos, a omissão de b em contextos não proporcionais e a interpretação equivocada do sinal de a.

Além disso, a possibilidade de manipular valores livremente estimula comparações investigativas, permitindo que o aluno perceba relações de paralelismo, concorrência e deslocamento vertical, alinhando-se às competências da BNCC para o ensino de funções no Ensino Médio.

Módulo Tratamento Algébrico

Este módulo enfatiza a flexibilidade de representações algébricas da função afim. Partindo da forma básica $y = ax + b$, o usuário pode converter a expressão em diferentes notações: $f(x) = ax + b$, $S = vt + S_0$, $S(t) = vt + S_0$ e $Ax + By = C$.

Cada botão aciona uma transformação algébrica ou mudança de notação, mostrando as passagens dessa conversão tanto na ida quanto na volta. Cada uma dessas variantes

cumpre um papel específico: a notação funcional reforça a ideia de dependência $x \mapsto f(x)$; as formas contextualizadas, inspiradas na Física, atribuem significado aos coeficientes a e b, interpretando-os como velocidade e posição inicial; e a equação geral da reta, oriunda de um contexto geométrico, explicita equivalências dentro do registro algébrico e foi considerada importante para que o aluno possa relacioná-la com os sistemas de equações, uma vez que cada equação desse tipo também representa uma reta.

Do ponto de vista pedagógico, esse recurso contribui para superar dificuldades recorrentes, como a confusão entre expressões equivalentes e a ausência de sentido dos parâmetros quando vistos apenas como letras. Além disso, aproxima-se das recomendações da BNCC e de avaliações como o PISA, que exigem que o estudante reconheça, traduza e utilize funções em contextos diversos, transitando entre formalismo matemático e aplicações em situações reais.

Módulo Tratamento Tabular

Este módulo enfatiza a passagem do registro algébrico para o registro tabular, gerando automaticamente uma tabela de valores a partir da expressão $y = ax + b$. O usuário pode nomear as grandezas e suas unidades, contextualizando as variáveis. A tabela inicial mostra que, para $x = 0$, o valor de y é b, e que para $x = 1$, o valor é $a + b$, tornando visível que b representa o valor inicial e a a taxa de variação. Além disso, ao escolher um valor x', o estudante observa o cálculo correspondente $y = ax' + b$, favorecendo a compreensão da generalidade da função.

Um aspecto relevante é que o módulo apresenta diferentes formatos de disposição tabular, alternando entre a organização vertical (com colunas para x e y) e horizontal (com linhas), o que evidencia ao estudante as diversas formas em que os dados podem aparecer em materiais didáticos, avaliações ou situações cotidianas. Essa multiplicidade de formatos ajuda a prevenir a leitura mecânica da tabela e amplia a habilidade de reconhecer invariantes estruturais da função afim, independentemente da disposição gráfica dos valores.

Recursos adicionais permitem alternar entre exemplos (botão *Mudar*) ou aplicar situações já configuradas (como a conversão de temperaturas Celsius–Fahrenheit), reforçando a ideia de que funções afins modelam relações em diferentes contextos. Do ponto de vista pedagógico, este módulo dialoga com dificuldades recorrentes evidenciadas em avaliações como SAEB e SEAMA, que apontam para falhas na interpretação de tabelas e na identificação dos coeficientes da função. Além disso, atende às competências da BNCC ao favorecer a leitura de funções como modelos que relacionam grandezas em contextos práticos, mostrando a importância de transitar entre registros algébrico e tabular, tanto em sua versão vertical quanto horizontal.

Módulo Gráfico–Algébrico

Este módulo promove a conversão do registro geométrico para o registro algébrico, tomando dois pontos $P_1(x_1, y_1)$ e $P_2(x_2, y_2)$ e construindo a expressão da função afim que

passa por eles. O cálculo da taxa de variação é realizado explicitamente pela razão $\Delta y/\Delta x$, e o valor inicial é obtido a partir da relação $b = y_1 - ax_1$, tornando evidente o papel de cada coeficiente. A expressão final é apresentada na forma $f(x) = ax + b$, com ajustes automáticos de sinais para garantir clareza na escrita.

Do ponto de vista pedagógico, este recurso possibilita que o estudante compreenda como se passa de duas informações pontuais a uma lei geral, atacando dificuldades recorrentes como a inversão da razão $\Delta y/\Delta x$ ou a associação incorreta do intercepto a um ponto qualquer. Além disso, ao articular representação geométrica e expressão algébrica, o módulo concretiza a conversão entre registros não-congruentes, destacada pela TRRS de Duval como um dos maiores desafios da aprendizagem.

O botão *Testes* adiciona uma dimensão exploratória, permitindo validar conjecturas a partir de exemplos automáticos e consolidando a percepção de que cada par de pontos determina de forma única uma função afim.

Módulo Tabela–Álgebra

Este módulo realiza a conversão do registro tabular para o registro algébrico, tomando como entrada três pares de valores (x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3). A partir dos dois primeiros pontos, o aplicativo calcula a taxa de variação $a = (y_2 - y_1)/(x_2 - x_1)$ e o valor inicial $b = y_1 - ax_1$, montando a expressão da função na forma $f(x) = ax + b$.

O terceiro ponto serve como verificação: se satisfaz a equação encontrada, confirma-se que a tabela representa de fato uma função afim; caso contrário, o sistema destaca a inconsistência, mostrando que nem todo conjunto de pontos se ajusta a esse modelo.

Do ponto de vista pedagógico, o recurso enfatiza a importância da colinearidade, corrige concepções equivocadas sobre a universalidade da função afim e reforça a leitura conceitual dos coeficientes a e b. Além disso, dialoga com dificuldades apontadas em avaliações externas, como a inversão de Δx e Δy ou a associação incorreta do intercepto, ao mesmo tempo em que atende às orientações da BNCC, que prevê o trabalho com múltiplas representações e a validação de modelos matemáticos a partir de dados reais.

Módulo Linguagem Natural (coeficiente a)

Este módulo traduz o coeficiente angular da função afim em enunciados verbais, aproximando a linguagem matemática da linguagem cotidiana. O usuário define as grandezas envolvidas, suas unidades e símbolos, além do valor de a, e em seguida escolhe o tipo de expressão desejada em um menu suspenso. O aplicativo gera automaticamente frases como "aumenta a unidades de y para cada 1 unidade de x" ou "perde a unidades de y a cada incremento de 1 em x".

Do ponto de vista pedagógico, o recurso evidencia que a taxa de variação pode aparecer sob diferentes formulações em problemas escolares e avaliações externas, prevenindo a leitura restrita ao formalismo algébrico. Além disso, ao permitir contextualizar as variáveis em grandezas reais (como velocidade, preço por quilo, crescimento populacional), promove a integração entre Matemática e situações do cotidiano, alinhando-se às competências da

BNCC.

Esse módulo responde a dificuldades recorrentes observadas em pesquisas, como a incapacidade de reconhecer a como taxa de variação, e amplia a habilidade de transitar entre registros verbal e algébrico, essencial para a aprendizagem significativa da função afim.

Módulo Testes

Este módulo apresenta itens de múltipla escolha contextualizados em diferentes áreas do conhecimento, como Física e Química, nos quais a função afim atua como modelo matemático. O estudante lê o enunciado, analisa o gráfico e escolhe a alternativa que representa a função correspondente. Ao verificar a resposta, o aplicativo fornece feedback imediato e formativo: em caso de acerto, confirma a escolha correta; em caso de erro, indica qual foi a dificuldade, como a inversão da razão $\Delta y/\Delta x$, a troca de sinais ou a confusão entre coeficientes a e b.

Além disso, a tela de solução apresenta dois modos de resolução: um algébrico, passo a passo, e outro interpretativo, diretamente a partir do enunciado, mostrando que a compreensão conceitual e a manipulação simbólica convergem para a mesma expressão. Essa estrutura incentiva o estudante a refletir sobre seus erros, superando concepções equivocadas, e promove a integração entre registros verbal, gráfico e algébrico, em consonância com a Teoria dos Registros de Representação Semiótica.

Do ponto de vista pedagógico, o módulo reforça competências previstas na BNCC, como a utilização de funções para modelar situações reais e a análise crítica de estratégias de resolução, ao mesmo tempo em que se alinha à literatura sobre aprendizagem por meio da análise de erros.

Uma vez descritos os módulos, cabe agora compreender de que maneira eles se articulam em termos dos registros de representação, tanto nos tratamentos quanto nas conversões.

6.3 Tratamentos e conversões entre registros

Tratamentos

No aplicativo, foram previstos quatro tipos de tratamento, cada um explorando as potencialidades de um registro distinto.

O tratamento tabular permite que o estudante perceba como a lei algébrica $y = ax + b$ se manifesta em uma tabela de valores, compreendendo que b corresponde ao valor inicial e a à taxa de variação. Essa abordagem responde a dificuldades recorrentes, como a leitura mecânica de tabelas ou a tendência de não reconhecer os coeficientes a partir delas. Do ponto de vista da BNCC, favorece a habilidade de relacionar variáveis em contextos reais e identificar padrões numéricos.

O tratamento verbal traduz o coeficiente angular (e futuramente o linear) em frases do cotidiano, como "cresce três unidades a cada passo em x" ou "perde dois em cada incremento". Esse recurso dialoga com erros semânticos identificados em pesquisas, como a

confusão de palavras-chave (“menos que”, “o dobro de”) e a dificuldade de reconhecer a como taxa de variação. Além disso, amplia a competência prevista na BNCC de interpretar diferentes linguagens na resolução de problemas.

O tratamento gráfico aparece nos módulos em que o estudante manipula pontos e observa a reta correspondente. Ao variar as coordenadas, ele percebe mudanças na inclinação e na posição, o que contribui para superar equívocos frequentes, como confundir o sinal do coeficiente com o local onde a reta corta o eixo. A BNCC enfatiza a leitura e interpretação de gráficos, e esse módulo concretiza essa exigência em situações matemáticas elementares.

Por fim, o tratamento algébrico explora diferentes formas de escrita da função, desde a forma usual $y = ax + b$ até a notação funcional $f(x) = ax + b$, a contextualização física $S = vt + S_0$ e a forma geral da reta $Ax + By = C$. Essa variedade permite combater a dificuldade de muitos estudantes em reconhecer a equivalência entre expressões, além de favorecer a utilização da função em contextos interdisciplinares, tal como preveem as competências da BNCC.

Conversões

Superada a etapa de tratamento, o aplicativo conduz o estudante a realizar conversões entre registros distintos, atividade que, segundo Duval, constitui o núcleo das dificuldades e, ao mesmo tempo, da aprendizagem matemática.

Na conversão tabular para algébrico, o estudante deve reconstruir a lei da função a partir de pontos fornecidos. O recurso de verificação automática (com o terceiro ponto) evidencia que nem toda tabela corresponde a uma função afim, corrigindo concepções equivocadas.

Na conversão verbal para algébrico, o aluno aprende a transpor enunciados em língua natural para expressões simbólicas, lidando com armadilhas semânticas comuns, como a inversão de termos ou a interpretação incorreta de palavras-chave. Esse exercício é fundamental para resolver problemas contextualizados em avaliações externas, que raramente apresentam a função em forma simbólica.

Na conversão geométrica para algébrico, o desafio é maior, pois exige identificar invariantes visuais — inclinação e intercepto — e traduzi-los em coeficientes. Trata-se de uma conversão não-congruente, na qual não há correspondência direta entre elementos dos registros. Esse tipo de atividade ataca erros clássicos, como inverter $\Delta y/\Delta x$ ou tomar um ponto qualquer da reta como intercepto. Ao mesmo tempo, concretiza a competência de relacionar representações gráficas e expressões algébricas, prevista na BNCC.

Síntese

Assim, o aplicativo articula dois movimentos complementares: primeiro, a diversificação de tratamentos dentro de cada registro; depois, a ênfase nas conversões entre registros. Esse percurso culmina no Módulo Testes, no qual o estudante é desafiado a mobilizar todas as competências desenvolvidas anteriormente para interpretar enunciados, gráficos, tabelas

e expressões algébricas em situações contextualizadas, recebendo feedback formativo sobre seus acertos e erros.

6.4 Subtópicos de função afim contemplados

O aplicativo cobre os seguintes subtópicos da função afim:

- definição geral da função;
- interpretação dos coeficientes a e b;
- construção e leitura de gráficos;
- elaboração e análise de tabelas de valores;
- tradução em linguagem natural;
- conversões entre registros.

Critérios de seleção dos subtópicos

A definição dos subtópicos contemplados pelo aplicativo resultou de uma triangulação entre três dimensões de evidência: a percepção dos professores, os resultados das avaliações externas e os estudos acadêmicos sobre dificuldades em função afim.

Os dados da pesquisa docente (2020 e 2025) revelaram que coeficientes, gráficos, tabelas e taxas de variação são conteúdos mais trabalhados, ainda que permaneçam associados a dificuldades recorrentes, enquanto subtópicos como raiz, imagem, aplicações interdisciplinares e regressão foram apontados como de maior complexidade. As avaliações externas (PISA, SAEB e SEAMA) confirmaram essa fragilidade: os estudantes permanecem majoritariamente em níveis de proficiência que envolvem apenas cálculos pontuais ou conversões simples, com baixas taxas de acerto em itens ligados à interpretação gráfica, à aplicação da lei de formação e à atribuição de significado aos coeficientes. A literatura, por sua vez, evidencia erros precisamente nesses pontos, como a confusão entre interceptos, a inversão da razão $\Delta y/\Delta x$ e as dificuldades semânticas na passagem da linguagem natural para a simbólica.

Nesse cenário, o aplicativo concentrou-se nos subtópicos de maior convergência entre as três fontes, deixando em segundo plano aqueles cuja exploração demandaria abordagens mais avançadas (como raiz, imagem e regressão). O objetivo foi priorizar o núcleo duro das dificuldades estruturantes, sem pretender esgotar o campo da função afim, mas garantindo uma intervenção pedagógica consistente sobre as barreiras iniciais à aprendizagem.

Ainda que relevantes, subtópicos como raiz da função, imagem, regressão e correlação foram deliberadamente deixados de fora, por exigirem abordagens de maior complexidade. A opção metodológica foi concentrar-se no núcleo de dificuldades mais recorrentes, apontadas por professores, avaliações externas e pela literatura.

Culminação no módulo Testes

A progressão proposta pelo aplicativo encontra sua síntese no módulo *Testes*, que representa o momento de integração dos diferentes registros e subtópicos da função afim trabalhados nos módulos anteriores. Se até então o estudante pôde explorar de forma segmentada a lei de formação, a interpretação dos coeficientes, a construção de tabelas e gráficos ou ainda a tradução em linguagem natural, no módulo final essas dimensões convergem em situações-problema contextualizadas.

Nesse espaço, o objetivo não é apenas verificar se o aluno memorizou procedimentos, mas avaliar sua capacidade de articular representações, identificar invariantes e transitar com flexibilidade entre diferentes registros semióticos. Essa opção está em consonância com a TRRS de Duval e Moretti (2012), para quem a conversão – e não o simples tratamento interno a um registro – constitui o núcleo da aprendizagem matemática. Assim, os itens propostos buscam induzir o estudante a coordenar a expressão algébrica com sua representação gráfica, a relacionar o coeficiente angular com a taxa de variação expressa em linguagem verbal, ou ainda a reconstruir uma tabela a partir de uma equação.

Além da perspectiva teórica, o módulo *Testes* responde a uma exigência prática: alinhar a proposta do aplicativo aos formatos de avaliação externos (PISA, SAEB e SEAMA), que tradicionalmente apresentam questões em linguagem natural, com tabelas e gráficos associados, exigindo dos alunos a tradução para a linguagem algébrica. Trata-se, portanto, de um momento de aproximação entre o trabalho formativo realizado em sala de aula e os instrumentos de aferição que influenciam o percurso escolar dos estudantes.

Ao mesmo tempo, o módulo final cumpre uma função pedagógica essencial: permitir ao professor e ao próprio estudante identificar avanços e fragilidades específicas. Por meio do desempenho nos testes, torna-se possível retomar tópicos ainda não consolidados, revisitar representações que suscitam dificuldades e propor novas estratégias de aprendizagem. Essa retroalimentação pedagógica reforça o caráter formativo do aplicativo, que não se limita a apresentar conteúdos, mas se configura como um dispositivo de avaliação contínua e de apoio à prática docente.

Em síntese, o módulo *Testes* não deve ser visto como encerramento, mas como ponto de chegada e de partida: culminância da trajetória de aprendizagem construída nos módulos anteriores e, ao mesmo tempo, abertura para um novo ciclo de intervenções pedagógicas mais conscientes e direcionadas.

6.5 O TPACK como modelo de desenvolvimento

O desenvolvimento do *Conversor Afim* foi orientado pelo modelo TPACK, que articula três dimensões fundamentais: o conhecimento do conteúdo (CK), o conhecimento pedagógico (PK) e o conhecimento tecnológico (TK). Essa abordagem permitiu que a construção

do aplicativo não se restringisse a uma experiência de programação, mas fosse guiada por objetivos didáticos consistentes e adequados à realidade escolar.

Conhecimento do Conteúdo (CK)

O Conhecimento do Conteúdo (CK) diz respeito ao domínio dos conceitos, estruturas e formas de representação próprios de uma disciplina, constituindo a base do que será ensinado.

No caso deste trabalho, o CK se expressa na escolha da função afim como objeto central do aplicativo, bem como na definição dos subtópicos mais relevantes: coeficientes a e b, construção e interpretação de gráficos, elaboração e leitura de tabelas e tradução em linguagem natural. Essa seleção não foi arbitrária, mas fundamentada em quatro pilares:

- a BNCC, que destaca a função afim como conteúdo estruturante no desenvolvimento do pensamento algébrico e na articulação entre diferentes campos da Matemática e suas aplicações;
- as pesquisas de campo de 2020 e 2025, que revelaram tanto a frequência com que o tema é ensinado quanto as dificuldades persistentes no seu aprendizado;
- as avaliações externas (PISA, SAEB e SEAMA), que confirmaram fragilidades justamente nesses subtópicos, reforçando a necessidade de uma intervenção focalizada.
- e a TRRS Teoria dos Registros de Representação Semiótica, de Duval (2003), que destaca a conversão entre registros como o núcleo das dificuldades e da aprendizagem matemática.

Conhecimento Pedagógico (PK)

O Conhecimento Pedagógico (PK) refere-se ao domínio de métodos, estratégias e formas de organizar o ensino, independentemente do conteúdo específico, constituindo a base sobre a qual se sustenta a ação docente.

No desenvolvimento do aplicativo, o PK orientou sua organização em uma opção pedagógica que privilegia a aprendizagem ativa de caráter exploratório, compreendida como princípio estruturante das decisões de concepção do produto educacional. A partir dessa base, o aplicativo foi organizado de modo a colocar o estudante em posição ativa frente aos objetos matemáticos, evitando a apresentação de definições ou procedimentos prontos e favorecendo a manipulação de diferentes registros de representação e a análise de regularidades associadas à função afim. Essa orientação pedagógica dialoga diretamente com a noção de cenários para investigação proposta por Skovsmose, conforme explicitado na citação a seguir:

> Um cenário para investigação é aquele que convida os alunos a formularem questões e procurarem explicações. O convite é simbolizado pelo "O que acontece se...?" [...] Quando os alunos assumem o processo de exploração e explicação, o cenário para investigação passa a constituir um novo ambiente de aprendizagem. No cenário para investigação, os alunos são responsáveis pelo processo. (Skovsmose, 2000, p. 6)

A justificativa dessa escolha pedagógica fundamenta-se na compreensão de que a aprendizagem matemática se fortalece quando o estudante participa do processo de construção conceitual, explorando situações, testando hipóteses e articulando diferentes formas de representação. Em razão disso, a função afim é tratada no *Conversor Afim* como um objeto em construção, cuja compreensão é promovida progressivamente por meio da interação com pontos, tabelas, gráficos e expressões algébricas, em consonância com pressupostos do ensino exploratório de Matemática.

No que se refere ao Módulo Testes, o PK orientou sua concepção a partir de uma compreensão formativa da avaliação, integrada ao próprio processo de aprendizagem e articulada à lógica exploratória que estrutura os demais módulos. Esse módulo não foi concebido como instrumento de verificação final de desempenho, mas como um recurso de regulação da aprendizagem, destinado a permitir que o estudante confronte interpretações, teste hipóteses e revise procedimentos ao longo do uso do aplicativo.

Ao incorporar feedback imediato às respostas apresentadas, o Módulo Testes foi projetado para favorecer processos de autoavaliação e autorregulação, possibilitando ao estudante analisar suas próprias produções e reorganizar estratégias de interpretação, em consonância com a concepção de avaliação formativa que compreende o feedback como elemento central da regulação da aprendizagem (Black; Wiliam, 1998). Dessa forma, o módulo atua como extensão da proposta pedagógica que orienta a construção do aplicativo, reforçando a coerência entre a base pedagógica adotada e as funcionalidades implementadas no *Conversor Afim*.

Conhecimento Tecnológico (TK)

O Conhecimento Tecnológico (TK) diz respeito ao domínio de ferramentas, recursos e ambientes digitais que podem ser mobilizados para apoiar o processo de ensino e aprendizagem.

No desenvolvimento do aplicativo, o TK se expressa na escolha do MIT App Inventor, uma plataforma gratuita de programação em blocos que alia simplicidade de uso à possibilidade de criar aplicativos funcionais para dispositivos móveis. Essa tecnologia permitiu traduzir conceitos matemáticos em algoritmos visuais, facilitando a construção de interfaces interativas e a manipulação de diferentes registros de representação da função afim.

Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK)

O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) corresponde à capacidade de transformar o conteúdo disciplinar em formas acessíveis de ensino, articulando os conceitos matemáticos com estratégias pedagógicas adequadas.

No caso do aplicativo, essa dimensão foi orientada pela Teoria dos Registros de Representação Semiótica, de Duval (2012), segundo a qual a aprendizagem matemática depende não apenas da formação de representações, mas sobretudo da capacidade de realizar *conversões* entre registros distintos (algébrico, gráfico, tabular, verbal). A organização dos módulos do *Conversor Afim* reflete essa perspectiva: os tratamentos internos a cada registro (por exemplo, manipulação de tabelas ou exploração de gráficos) são seguidos pelas conversões entre registros (tabela–álgebra, gráfico–álgebra, verbal–álgebra), culminando em um espaço de síntese avaliativa.

Dessa forma, o PCK se concretiza na reconstrução didática da função afim em atividades progressivas que integram teoria e prática: os conceitos de coeficiente angular e linear, a inclinação da reta, a pertinência de pontos e a interpretação da taxa de variação são apresentados de maneira articulada, permitindo ao estudante compreender o objeto matemático em sua totalidade. Ao ancorar-se na TRRS, o aplicativo busca superar uma das maiores dificuldades apontadas por pesquisas e avaliações externas: a fragmentação do conhecimento e a dificuldade dos alunos em transitar entre diferentes representações.

Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (TCK)

O Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (TCK) refere-se à compreensão de como a tecnologia pode apoiar e transformar o ensino de um conteúdo específico, permitindo que conceitos disciplinares sejam explorados por meio de recursos digitais.

No caso da função afim, o mapeamento de nove coleções de Matemática aprovadas pelo PNLD 2026 revelou diferentes formas de inserção das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no ensino desse objeto matemático. Entre elas, destacam-se: o uso do GeoGebra para manipulação de coeficientes por meio de controles deslizantes; a exploração de softwares de gráficos para investigar translações, simetrias e inequações; a utilização de planilhas eletrônicas em atividades de modelagem de dados e análise de regressão linear; e o recurso a calculadoras gráficas para visualizações rápidas e comparativas.

Esses exemplos fornecem um repertório de possibilidades que serviram de inspiração para o desenvolvimento do *Conversor Afim*. A partir desse levantamento, o aplicativo pode adotar práticas já consolidadas (como a manipulação dinâmica de parâmetros), adaptar outras (como a construção de tabelas e gráficos interativos) e até aprimorar algumas dimensões não exploradas nos *softwares*, como a conversão entre registros verbais e algébricos. Dessa forma, o TCK se concretiza no esforço de traduzir e expandir propostas presentes no material didático, reorganizando-as em um formato acessível e interativo por

meio do MIT App Inventor.

Conhecimento Tecnológico-Pedagógico (TPK)

O Conhecimento Tecnológico-Pedagógico (TPK) refere-se à compreensão de como as tecnologias digitais podem ser integradas ao processo de ensino-aprendizagem para potencializar estratégias pedagógicas, promover a motivação e favorecer a interação ativa dos estudantes.

No desenvolvimento do aplicativo, o TPK orientou a forma como a tecnologia foi incorporada não apenas como recurso auxiliar, mas como estrutura organizadora da sequência didática digital. O uso do MIT App Inventor possibilitou criar módulos interativos nos quais os estudantes manipulam parâmetros, observam em tempo real os efeitos de suas ações e recebem feedback imediato. Essa característica rompe com a linearidade das abordagens tradicionais e aproxima o ensino de uma dinâmica de investigação, em que o aluno explora, compara e formula hipóteses.

Além disso, a integração tecnológica favorece a diversificação de estratégias pedagógicas, como o uso de simulações, exercícios com respostas automáticas, tarefas de exploração livre e a possibilidade de experimentar diferentes registros de representação em um único ambiente. Nesse sentido, o TPK se manifesta no uso pedagógico da tecnologia para ampliar as formas de engajamento, estimulando a autonomia e o protagonismo do estudante na construção do conhecimento matemático.

Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo (TPACK)

O TPACK representa a integração equilibrada entre os três tipos de conhecimento fundamentais ao ensino — conteúdo (CK), pedagogia (PK) e tecnologia (TK) —, permitindo que o professor articule simultaneamente o que ensinar, como ensinar e com quais recursos tecnológicos ensinar.

No desenvolvimento do *Conversor Afim*, essa articulação se concretizou da seguinte forma: o CK orientou a escolha da função afim e dos subtópicos prioritários; o PK guiou a organização em módulos progressivos, estruturados como uma sequência didática digital; o TK viabilizou a implementação do aplicativo por meio do MIT App Inventor; o PCK garantiu que os conceitos fossem reconstruídos didaticamente a partir da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, de Duval; o TCK inspirou-se no mapeamento de livros didáticos para adotar, adaptar e aprimorar práticas com TDIC; e o TPK assegurou que a tecnologia fosse utilizada como elemento central da mediação pedagógica, promovendo interatividade e feedback imediato.

Dessa forma, o TPACK não se configurou apenas como um modelo teórico de referência, mas como um guia efetivo para o processo de concepção, implementação e validação do aplicativo, garantindo que as dimensões de conteúdo, pedagogia e tecnologia estivessem

sempre articuladas e orientadas para a superação das dificuldades de aprendizagem da função afim.

Contexto

O desenvolvimento do *Conversor Afim* foi concluído, incluindo a realização da etapa de validação do aplicativo. A iniciativa está vinculada ao Instituto Federal do Maranhão (IFMA) – Campus Codó, instituição da rede federal que, além de ofertar cursos técnicos e superiores, exerce papel estratégico na formação docente para a rede estadual.

O curso de Licenciatura em Matemática, particularmente a disciplina de Metodologia do Ensino de Matemática, configura um ambiente privilegiado para a experimentação de recursos digitais aplicados ao ensino de função afim. A proposta ancora-se nas demandas da educação básica local, considerando que egressos do IFMA frequentemente integram o quadro docente das escolas públicas regionais.

Codó (MA), município situado na região Meio-Norte, apresenta desafios educacionais expressivos, evidenciados por avaliações externas como SAEB, SEAMA e PISA, sobretudo no que diz respeito ao ensino-aprendizagem de função afim. Esse contexto reforça a pertinência de iniciativas que articulem conteúdo, pedagogia e tecnologia, conectando a formação inicial e continuada de professores às necessidades concretas das escolas.

Assim, o *Conversor Afim* se apresenta como um projeto em construção, cujo propósito é integrar investigação acadêmica e prática educativa, tomando o modelo TPACK como referência orientadora tanto para o desenvolvimento atual quanto para a validação futura junto à comunidade escolar.

7 VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Neste trabalho, o termo "validação"é empregado no sentido de validação formativa, distinta do julgamento institucional realizado pela banca examinadora do programa. Trata-se de um processo de análise pedagógica e tecnológica do produto educacional em contexto de uso, orientado à identificação de potencialidades, limites e aspectos passíveis de aprimoramento.

Este capítulo apresenta a etapa de validação formativa do produto educacional, compreendendo a análise do uso, da aplicabilidade e da coerência didático-pedagógica dos materiais produzidos. O produto educacional é constituído por dois artefatos complementares — o aplicativo educacional *Conversor Afim* e uma cartilha pedagógica de uso — concebidos de forma articulada, de modo a integrar recursos tecnológicos, orientações didáticas e intencionalidades pedagógicas voltadas ao ensino da Função Afim.

Para tanto, foram definidos procedimentos e instrumentos de coleta que permitiram analisar a coerência do produto com os objetivos de ensino da Função Afim e com necessidades formativas de professores e estudantes. Ao longo do capítulo, são apresentados os participantes envolvidos, os procedimentos adotados, os instrumentos utilizados e a análise dos resultados, bem como os ajustes decorrentes desse processo.

7.1 Objetivos e critérios da validação do produto educacional

A validação do produto educacional teve como objetivo analisar a coerência entre as intencionalidades pedagógicas que orientaram sua concepção, as funcionalidades implementadas no aplicativo Conversor Afim e o potencial formativo da cartilha pedagógica no ensino da Função Afim. Nesse sentido, buscou-se examinar em que medida o produto, considerado em sua totalidade, favorece a articulação entre tecnologia digital, conteúdo matemático e práticas pedagógicas no contexto do Ensino Médio.

Essa etapa da pesquisa assumiu caráter formativo e analítico, não se restringindo a um juízo binário de aprovação do produto. A validação foi concebida como um processo de análise crítica, voltado à identificação de potencialidades, limites e aspectos passíveis de aprimoramento, a partir das percepções de professores em exercício e licenciandos em Matemática.

Os procedimentos e instrumentos de validação foram elaborados tomando o modelo TPACK como referência para a análise integrada dos conhecimentos de conteúdo, pedagógicos e tecnológicos mobilizados pelo produto educacional. Embora tais dimensões não tenham sido explicitadas nominalmente aos participantes, elas orientaram a construção dos instrumentos e a interpretação dos dados coletados, de modo a evitar induções nas respostas e preservar a espontaneidade das avaliações.

De forma complementar, os princípios da Teoria dos Registros de Representação Semiótica fundamentaram a análise das articulações e conversões entre registros mobilizadas pelo aplicativo, especialmente nos módulos voltados à passagem entre representações algébrica, gráfica, tabular e em linguagem natural. Assim, a validação buscou verificar se o produto contribui para tornar explícitas operações representacionais relevantes para a compreensão da Função Afim.

7.2 Participantes da validação

A etapa de validação do produto educacional contou com a participação de licenciandos do Curso de Licenciatura em Matemática do IFMA Campus Codó, professores em exercício e três especialistas convidados, selecionados em função de sua formação e atuação em áreas diretamente relacionadas às dimensões analíticas desta pesquisa.

Os especialistas foram convidados de modo a contemplar, de forma complementar, contribuições nas áreas de tecnologia, pedagogia e conteúdo matemático, em consonância com o modelo TPACK adotado como referência. O especialista da área de tecnologia possui formação e atuação em computação/sistemas, contribuindo para a análise de aspectos funcionais, de usabilidade e de adequação técnica do aplicativo. O especialista da área pedagógica, com formação em Educação e experiência em estudos sobre formação docente e práticas de ensino, contribuiu para a leitura didático-pedagógica do produto e da cartilha. O especialista da área de conteúdo matemático, com formação em Matemática e experiência docente, subsidia a análise da consistência conceitual do conteúdo abordado e da adequação do tratamento dado à Função Afim.

Além disso, participaram licenciandos do curso de Licenciatura em Matemática do IFMA Campus Codó, grupo diretamente vinculado ao contexto formativo no qual o produto foi concebido. A inclusão desse público justifica-se por sua posição formativa intermediária, possibilitando um duplo olhar: o de usuários em processo de aprendizagem e o de futuros professores em formação inicial.

7.3 Procedimentos de validação do produto educacional

A etapa de validação formativa foi realizada de forma presencial no IFMA — Campus Codó, em ambiente institucional destinado a atividades acadêmicas coletivas. A escolha desse local justifica-se por concentrar professores em exercício e licenciandos diretamente relacionados aos objetivos formativos do produto, além de dispor de infraestrutura mínima para o uso de dispositivos móveis e acesso à internet.

A validação foi estruturada como um momento analítico e formativo, articulando apresentação conceitual, exploração do aplicativo e coleta sistemática de dados. Inicialmente, realizou-se uma apresentação expositiva mediada por slides, na qual foram explicitados o contexto da pesquisa, a composição do produto educacional e os objetivos da validação.

Em seguida, os participantes realizaram a exploração prática do *Conversor Afim* utilizando seus próprios dispositivos móveis. O uso foi organizado em dois momentos complementares: (i) exploração autônoma, sem intervenção direta do pesquisador, e (ii) uso mediado, com esclarecimento de dúvidas pontuais e discussão das funcionalidades à luz de seus objetivos pedagógicos.

Concluída a exploração, os participantes responderam aos instrumentos de validação do aplicativo e da cartilha por meio de formulários online. Ao final, foi reservado espaço para comentários livres e discussão coletiva, possibilitando o registro de impressões gerais e sugestões, os quais subsidiaram a análise dos dados.

7.4 Instrumentos de validação e critérios de análise

A validação formativa do produto educacional foi realizada por meio de instrumentos estruturados, aplicados aos diferentes participantes envolvidos na pesquisa. O questionário foi organizado em blocos temáticos, contendo questões objetivas, em escala de concordância, e questões abertas, destinadas à coleta de comentários, sugestões e justificativas. Essa combinação possibilitou captar tanto tendências gerais de avaliação quanto percepções mais específicas e contextualizadas.

A construção dos itens foi orientada pelo modelo TPACK, tomado como referência para a análise articulada entre conhecimento do conteúdo matemático, conhecimento pedagógico e conhecimento tecnológico mobilizados pelo produto educacional. As dimensões do modelo fundamentaram a formulação dos itens e a posterior categorização das respostas, sem serem explicitadas nominalmente aos participantes, de modo a evitar induções e preservar a espontaneidade das avaliações.

De forma complementar, os princípios da Teoria dos Registros de Representação Semiótica subsidiaram os critérios de análise relacionados às articulações entre diferentes registros de representação da Função Afim. Nesse sentido, foram considerados aspectos como clareza das representações mobilizadas, possibilidade de conversão entre registros algébrico, gráfico, tabular e em linguagem natural, bem como o potencial do produto para tornar mais compreensível o conceito desse objeto matemático.

Além do questionário, a validação contou com registros de observação do pesquisador e com comentários livres realizados pelos participantes ao final do evento, os quais auxiliaram na contextualização das respostas e na compreensão de situações específicas de uso, contribuindo para uma análise mais consistente e situada dos dados coletados.

7.5 Análise dos resultados do questionário de validação

Antes de proceder à análise dos resultados, faz-se necessário explicitar a arquitetura analítica adotada. Considerando o elevado índice de concordância positiva no conjunto das respostas (94%) e, em particular, nos itens dos Apêndices B e C, optou-se por

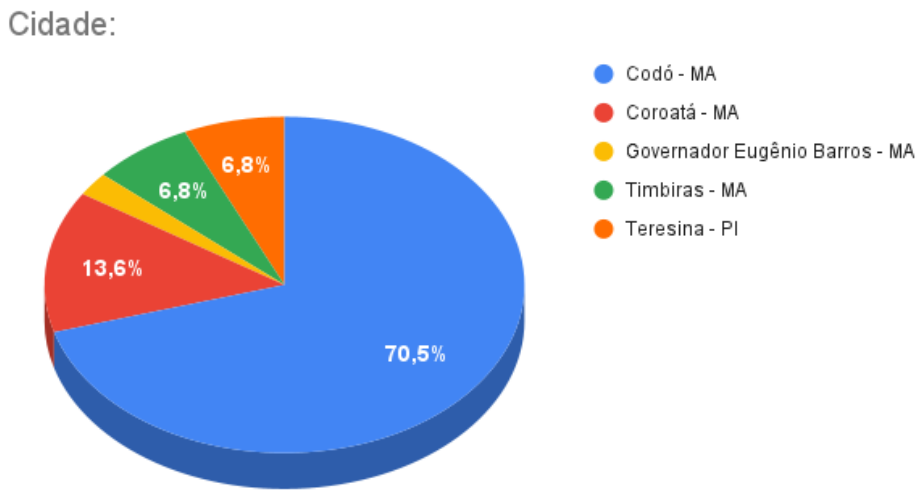
evitar uma apresentação exaustiva dos resultados por item. Em seu lugar, privilegiou-se uma leitura sintética por eixos de análise, orientada pela identificação de tendências e recorrências capazes de sustentar uma interpretação consistente sobre a viabilidade do produto educacional.

A análise está organizada em quatro blocos: (i) contextualização da amostra; (ii) condições de uso de tecnologias digitais; (iii) cruzamentos analíticos selecionados; e (iv) avaliação global do produto educacional.

Contextualização da amostra

A distribuição dos participantes por cidade de residência (Figura 7.1) revela coerência com o perfil de atendimento do Curso de Licenciatura em Matemática do IFMA – Campus Codó, que acolhe estudantes oriundos do município-sede e de cidades vizinhas da Região dos Cocais (IFMA, 2023). A predominância de residentes em Codó, associada à participação de sujeitos provenientes do entorno regional, confere representatividade territorial à amostra e assegura aderência ao contexto formativo no qual o produto educacional foi concebido. Registra-se, ainda, a presença pontual de participantes residentes em Teresina–PI, todos professores em exercício, o que amplia a leitura da validação para contextos reais de atuação docente, sem descaracterizar o recorte da pesquisa.

Figura 7.1 – Distribuição dos participantes por cidade de residência

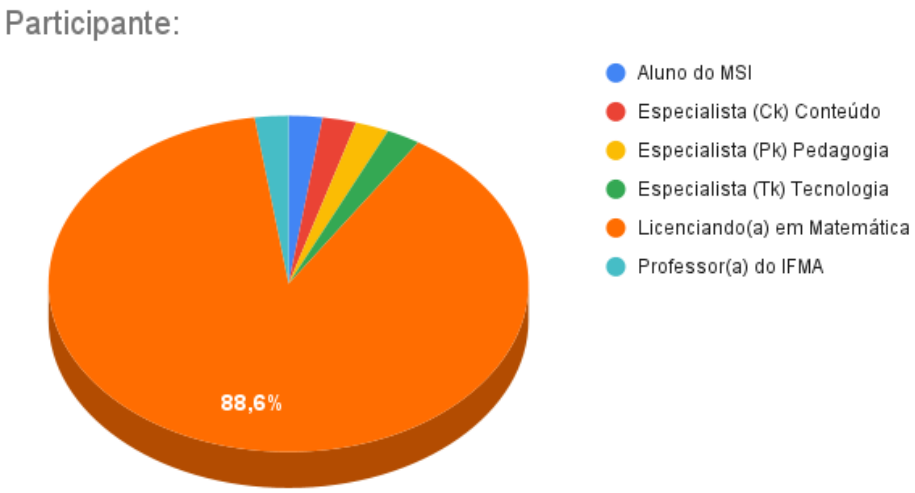


Fonte: Dados da pesquisa.

No que se refere ao perfil de atuação e formação (Figura 7.2) , observa-se o predomínio de licenciandos em Matemática, que correspondem à maior parte dos participantes, resultado esperado em função do local e da natureza da atividade de validação. A participação de professores em exercício e de especialistas nas áreas de conteúdo, pedagogia e tecnologia

amplia o espectro avaliativo do processo, ao incorporar olhares provenientes da prática docente e de campos específicos do conhecimento profissional.

Figura 7.2 – Distribuição dos participantes segundo o perfil de atuação/formação

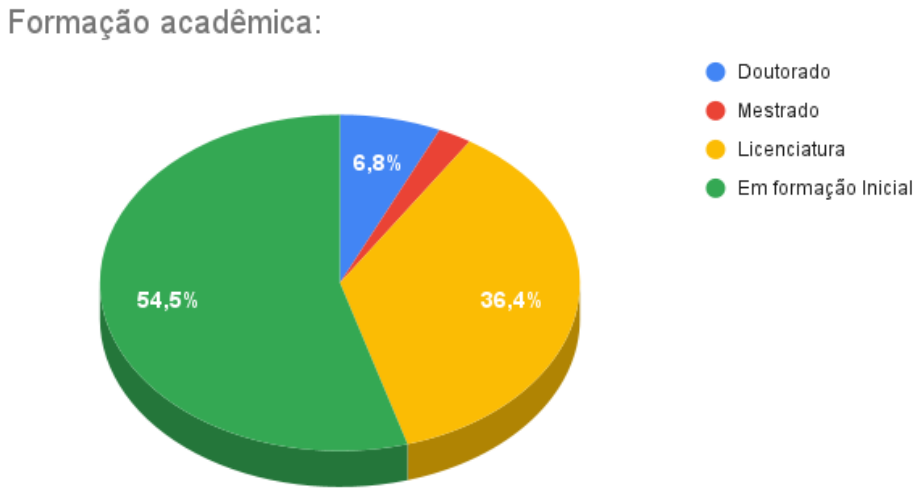


Fonte: Dados da pesquisa.

Quanto à formação acadêmica (Figura 7.3), o reagrupamento [1]das categorias evidencia que a maioria dos participantes encontra-se vinculada à formação inicial em Matemática, enquanto uma parcela minoritária é composta por professores com formação stricto sensu. Ainda que numericamente reduzida, a presença desses docentes introduz contribuições relevantes para a análise, ao trazer perspectivas formativas associadas à reflexão pedagógica e ao uso intencional de tecnologias digitais no ensino (Modelski; Giraffa; Casartelli, 2019).

[1] Em formação inicial" e "Licenciatura" foram agrupadas devido a equívocos na compreensão da questão por parte de alguns respondentes. Considerando o contexto institucional e o perfil do público participante, ambas as categorias correspondem a sujeitos vinculados à formação inicial

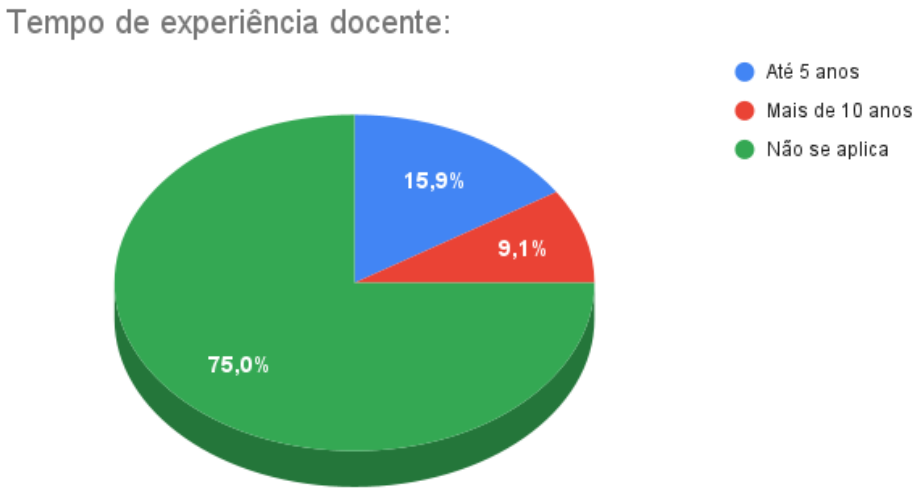
Figura 7.3 – Distribuição dos participantes segundo a formação acadêmica



Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação à experiência docente (Figura 7.4), verifica-se a participação de professores com diferentes tempos de atuação, incluindo sujeitos com até cinco anos e com mais de dez anos de experiência. Embora esse contingente não seja majoritário, sua presença contribui para tensionar a análise da viabilidade do produto educacional a partir de trajetórias profissionais distintas, reforçando a leitura do *Conversor Afim* como recurso aplicável tanto à formação inicial quanto à prática docente.

Figura 7.4 – Distribuição dos participantes segundo o tempo de experiência docente



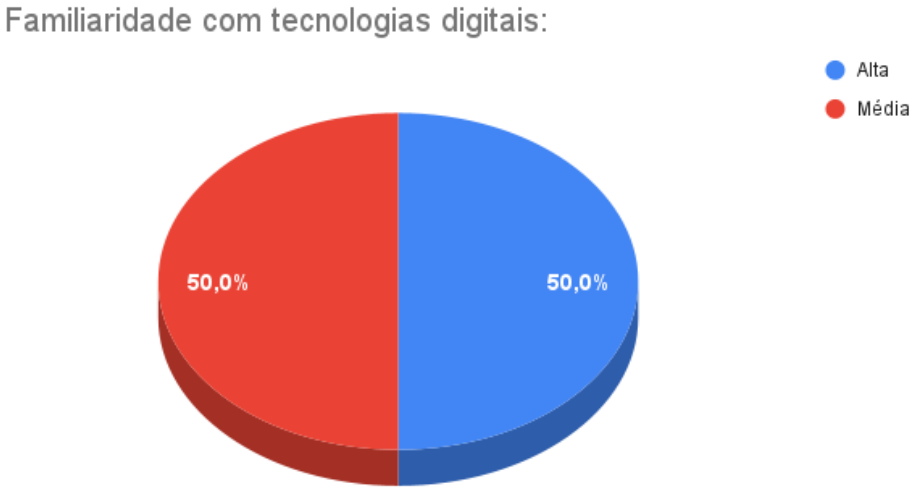
Fonte: Dados da pesquisa.

Condições de uso de tecnologias digitais

A análise das condições de uso de tecnologias digitais entre os participantes considera, de forma integrada, o nível de familiaridade declarado, o repertório de ferramentas conhecidas ou utilizadas e a frequência de uso desses recursos em situações de ensino. Esses indicadores permitem compreender não apenas o acesso ou o domínio técnico, mas as possibilidades reais de inserção pedagógica das tecnologias no contexto investigado.

No que se refere à familiaridade com tecnologias digitais (Figura 7.5), observa-se distribuição equilibrada entre os níveis alto e médio, configurando um perfil coerente com o contexto social contemporâneo, marcado pela ampla presença das tecnologias no cotidiano. Conforme destacam Modelski, Giraffa e Casartelli (2018), a familiaridade com recursos tecnológicos constitui condição relevante para o planejamento pedagógico, na medida em que pode deslocar o foco do domínio técnico para as possibilidades didáticas do recurso.

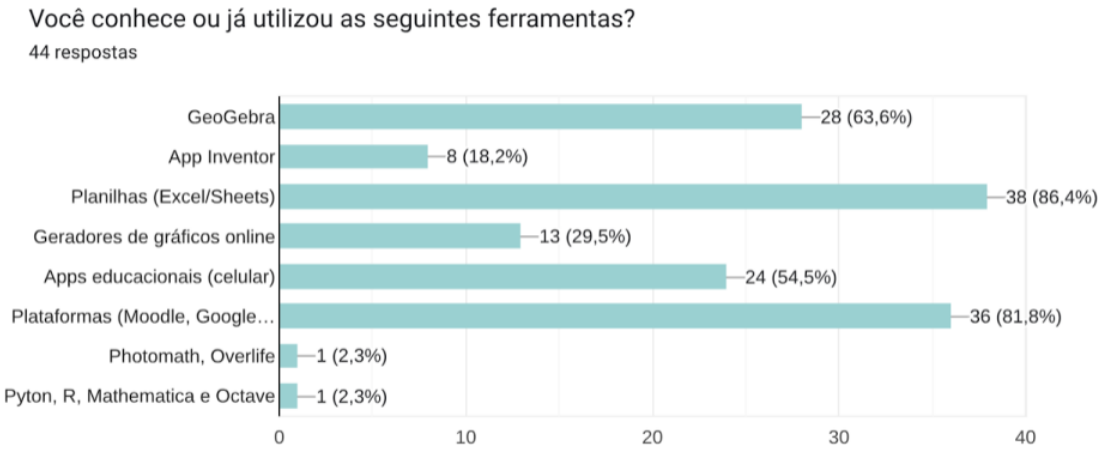
Figura 7.5 – Distribuição dos participantes segundo o nível de familiaridade com tecnologias digitais



Fonte: Dados da pesquisa.

Quanto ao repertório tecnológico (Figura 7.6), os dados indicam contato significativo dos participantes com diferentes ferramentas digitais, com destaque para planilhas eletrônicas, plataformas educacionais, softwares de geometria dinâmica e aplicativos voltados à construção e interpretação de gráficos. Esse resultado dialoga diretamente com o contexto escolar e com o material didático analisado, no qual tais recursos são recorrentes como suporte ao ensino de funções.

Figura 7.6 – Ferramentas digitais conhecidas ou utilizadas pelos participantes



Fonte: Dados da pesquisa.

Entretanto, ao se observar a frequência de uso das tecnologias digitais nas aulas (Figura 7.7), evidencia-se que, apesar da familiaridade e do repertório existente, a incorporação desses recursos ocorre majoritariamente de forma ocasional, com registros de uso raro e, em menor proporção, de não utilização. Esse padrão indica que a presença das tecnologias no cotidiano dos sujeitos não se traduz, necessariamente, em uso sistemático no contexto pedagógico.

Figura 7.7 – Frequência de uso de tecnologias digitais nas aulas

Fonte: Dados da pesquisa.

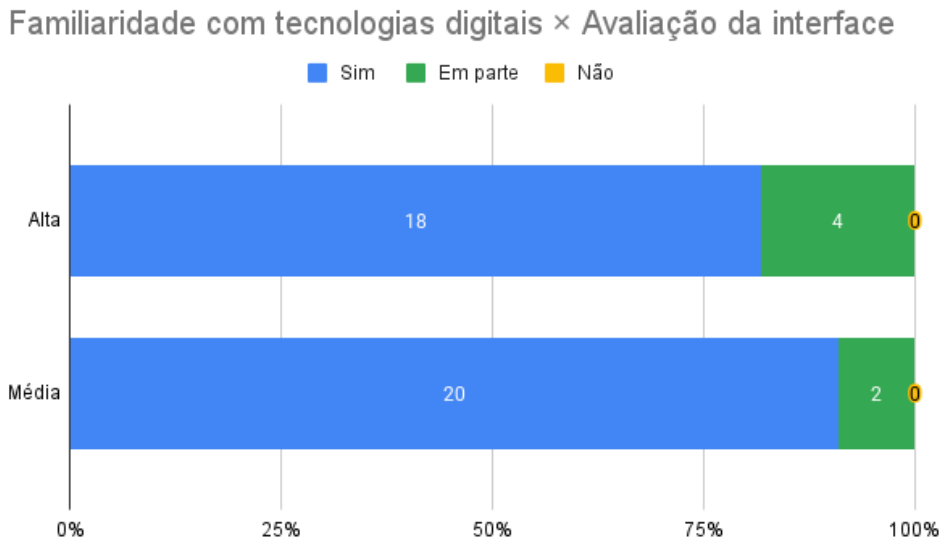
Esse resultado converge com as análises de Romanello (2018), ao apontar que a integração pedagógica das tecnologias digitais permanece condicionada por fatores institucionais, estruturais e organizacionais, como infraestrutura, formação docente e condições de trabalho. Nesse sentido, os dados não indicam ausência de contato ou rejeição às tecnologias, mas limites concretos à sua utilização contínua no ensino, o que reforça a pertinência de propostas que considerem tais restrições e ofereçam alternativas de uso flexível, como o aplicativo desenvolvido nesta pesquisa.

Cruzamentos analíticos selecionados

Familiaridade com tecnologias digitais e avaliação da interface

A relação entre o nível de familiaridade com tecnologias digitais e a avaliação da interface do aplicativo (Figura 7.8) revela elevada aceitação em ambos os grupos considerados. Entre os participantes com familiaridade alta, predominam avaliações positivas quanto à atratividade e intuitividade da interface, com registros pontuais de concordância parcial e ausência de avaliações negativas. De modo semelhante, entre os sujeitos com familiaridade média, observa-se índice ainda mais elevado de concordância plena.

Figura 7.8 – Relação entre familiaridade com tecnologias digitais e avaliação da interface do aplicativo



Fonte: Dados da pesquisa.

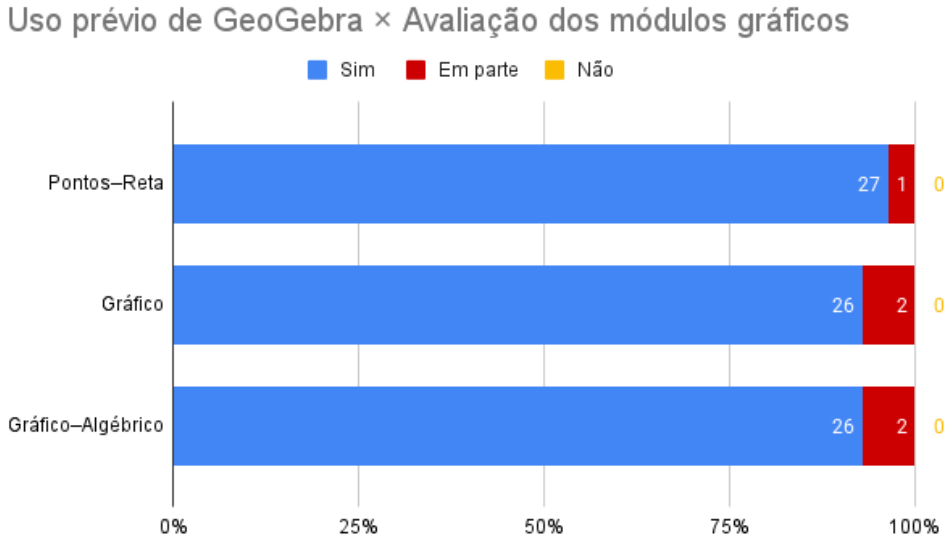
Esses resultados indicam que a compreensão e o uso da interface não estão condicionados a níveis elevados de domínio tecnológico. À luz da concepção de interface como espaço de mediação entre usuário e sistema (Bortolas, 2014), bem como da noção de intuitividade como uso autônomo sem necessidade de instrução externa (Nunes; Santos, 2018), o padrão

observado sugere que o desenho do aplicativo favorece a interação fluida em diferentes perfis de usuários, configurando-se como elemento relevante para sua viabilidade pedagógica.

Uso prévio do GeoGebra e avaliação dos módulos gráficos

A análise da relação entre o uso prévio do GeoGebra e a avaliação dos módulos gráficos do aplicativo (Figura 7.9) evidencia elevados níveis de concordância quanto ao atendimento aos objetivos pedagógicos propostos. Nos módulos Pontos–Reta, Gráfico e Gráfico–Algébrico, predominam avaliações positivas, com percentuais superiores a 90% e ausência de avaliações negativas.

Figura 7.9 – Relação entre uso prévio do GeoGebra e avaliação dos módulos gráficos do aplicativo



Fonte: Dados da pesquisa.

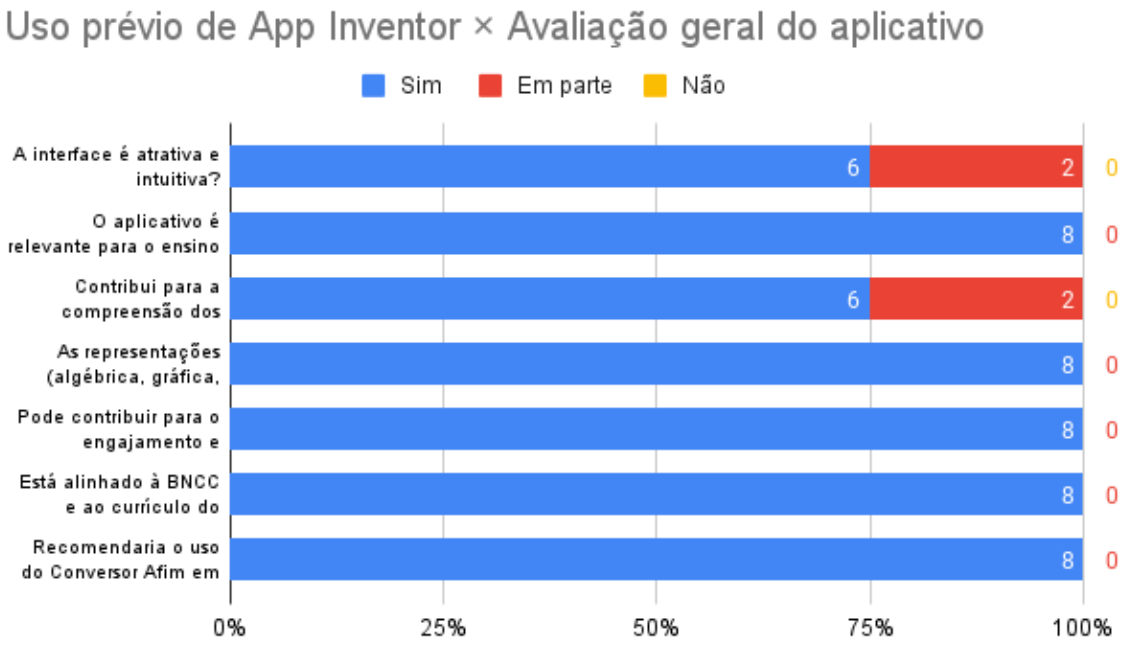
Considerando o GeoGebra como software de referência no ensino de Matemática, a avaliação positiva por participantes com experiência prévia nesse tipo de ferramenta indica que o *Conversor Afim* apresenta organização conceitual e funcional compatível com práticas já consolidadas no contexto escolar. Esse resultado sugere que o aplicativo mobiliza representações gráficas familiares aos usuários, preservando clareza didática e coerência com objetivos de aprendizagem relacionados à função afim.

Uso prévio do App Inventor e avaliação geral do aplicativo

A relação entre o uso prévio do App Inventor e a avaliação geral do *Conversor Afim* (Figura 7.10) revela concordância amplamente positiva entre os participantes com experiência nessa plataforma de desenvolvimento. Em todos os critérios analisados — interface, relevância pedagógica, contribuição para a compreensão dos conteúdos, articulação entre

representações, engajamento, alinhamento curricular e recomendação de uso — predomina a opção "sim", sem registros de avaliações negativas.

Figura 7.10 – Relação entre uso prévio do App Inventor e avaliação geral do aplicativo *Conversor Afim*.



Fonte: Dados da pesquisa.

Esse padrão sugere que sujeitos com maior domínio técnico reconhecem no aplicativo uma organização funcional compatível com as possibilidades do App Inventor, indicando adequação das escolhas tecnológicas às intencionalidades pedagógicas do produto. A avaliação positiva reforça a coerência entre a solução tecnológica adotada e os objetivos educacionais propostos, aspecto central para a viabilidade e sustentabilidade do produto educacional.

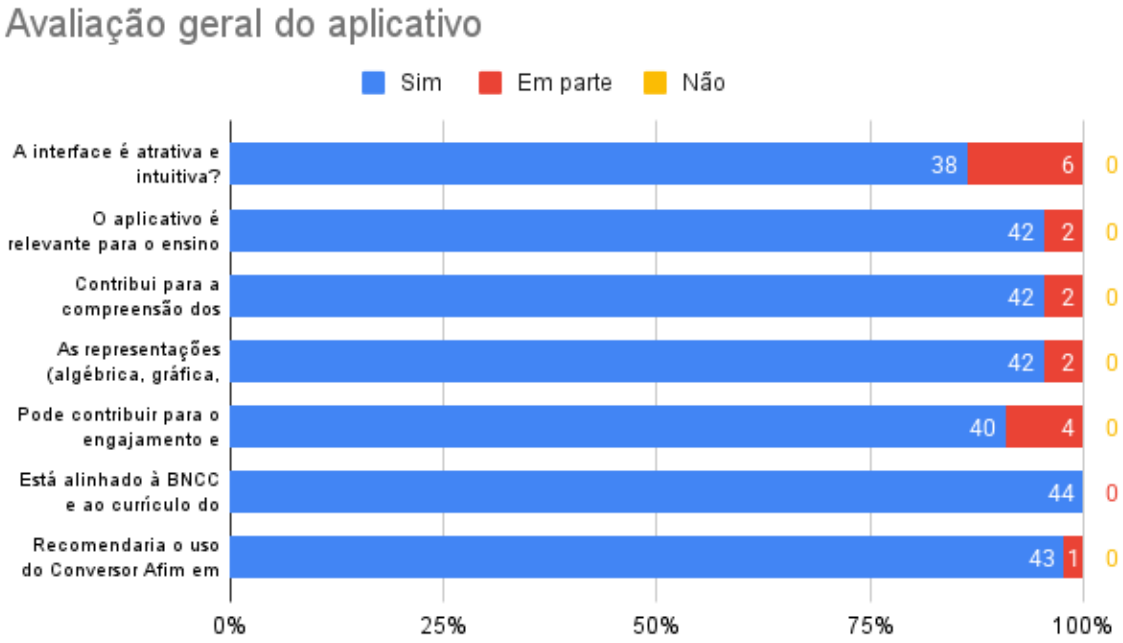
De modo geral, os cruzamentos analisados indicam que a avaliação positiva do *Conversor Afim* não está condicionada a níveis elevados de domínio tecnológico, tampouco depende de experiências prévias específicas com softwares educacionais. Ao contrário, os resultados evidenciam que o produto apresenta coerência funcional, clareza pedagógica e adequação conceitual em diferentes perfis de usuários, o que reforça sua viabilidade como recurso didático flexível, passível de apropriação tanto em contextos de formação inicial quanto na prática docente.

Avaliação global do produto educacional

Avaliação geral do aplicativo

A avaliação geral do *Conversor Afim* (Figura 7.11) evidencia elevados níveis de concordância positiva em todos os critérios analisados, com predominância quase absoluta da opção "sim". Destacam-se, em especial, os itens relacionados ao alinhamento às orientações curriculares e à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que alcançam concordância integral, bem como aqueles associados à relevância para o ensino e à contribuição para a compreensão dos conceitos da função afim.

Figura 7.11 – Avaliação geral do aplicativo *Conversor Afim*.



Fonte: Dados da pesquisa.

A interface do aplicativo também foi amplamente bem avaliada, com predominância de concordância plena quanto à sua atratividade e intuitividade, acompanhada de registros pontuais de concordância parcial e ausência de avaliações negativas. De modo semelhante, a articulação entre as representações algébrica, gráfica, tabular e em linguagem natural, aspecto central da proposta pedagógica do produto, obteve elevado índice de aprovação.

Em conjunto, esses resultados indicam que o *Conversor Afim* apresenta coerência interna entre objetivos, funcionalidades e organização didática, configurando-se como recurso viável para o ensino da função afim no contexto da Educação Básica.

Avaliação dos módulos do aplicativo

A avaliação dos módulos do *Conversor Afim* (Figura 7.12) indica elevado nível de concordância quanto ao atendimento aos objetivos pedagógicos propostos. Em todos os módulos — Pontos–Reta, Tratamento Tabular, Gráfico, Tratamento Algébrico, Gráfico–Algébrico, Tabela–Álgebra, Linguagem Natural (coeficiente a) e Testes — observa-se predominância expressiva da opção "sim", com registros pontuais de concordância parcial e ausência de avaliações negativas.

Figura 7.12 – Avaliação dos módulos do aplicativo quanto ao atendimento aos objetivos propostos

Fonte: Dados da pesquisa.

Esse padrão sugere que os participantes reconhecem coerência entre os objetivos definidos para cada módulo e as atividades efetivamente oferecidas pelo aplicativo. A presença residual da opção "em parte" pode ser interpretada como indicativa de ajustes pontuais ou expectativas específicas dos usuários, sem comprometer a avaliação global do produto.

Avaliação dos especialistas

A análise da avaliação realizada pelos especialistas (Tabela 7.1)revela elevada convergência entre as respostas e as dimensões do modelo TPACK mobilizadas na validação do *Conversor Afim* e de sua cartilha pedagógica. No que se refere ao conhecimento de conteúdo (CK), observa-se concordância plena quanto à relevância do aplicativo para o

ensino da função afim, à compreensão dos coeficientes a e b e à articulação entre diferentes registros de representação, indicando solidez conceitual do produto.

Tabela 7.1 – Avaliação dos especialistas segundo as dimensões do modelo TPACK

Apêndice	**Pergunta**	**Dimensão TPACK**	**Esp.CK**	**Esp.PK**	**Esp.TK**
B	O aplicativo é relevante para o ensino de função afim?	CK	Sim		
B	Contribui para a compreensão dos coeficientes a e b?	CK	Sim		
B	As representações (algébrica, gráfica, tabular e verbal) são bem articuladas?	CK	Sim		
B	Cada módulo atende ao objetivo a que se propõe?	CK	Sim		
B	Está alinhado à BNCC e ao currículo do Ensino Médio?	PCK	Sim	Sim	
B	Pode contribuir para o engajamento e motivação dos estudantes?	TPK		Sim	Sim
B	Recomendaria o uso do Conversor Afim em sala de aula?	TPACK	Sim	Sim	Sim
B	Você aprova a validação do aplicativo Conversor Afim?	TPACK	Sim	Sim	Sim
B	A interface é atrativa e intuitiva?	TK			Em parte
C	O conteúdo é relevante para o ensino de função afim?	CK	Sim		
C	O texto é claro e de fácil compreensão?	PK		Sim	
C	Pode auxiliar professores em formação inicial e continuada?	PK		Sim	
C	Recomendaria a cartilha a outros docentes?	PK		Sim	
C	Os exemplos e atividades são adequados ao Ensino Médio?	PCK	Sim	Sim	
C	Contribui para a compreensão didático-pedagógica da função afim?	PCK	Sim	Sim	
C	Orienta de forma prática como utilizar o aplicativo em sala?	TPK		Sim	Sim
C	Você aprova a validação da cartilha de uso do Conversor Afim?	TPACK	Sim	Sim	Sim

Fonte: Dados da pesquisa.

Nas dimensões pedagógicas (PK e PCK), os especialistas reconhecem adequação dos exemplos ao Ensino Médio e clareza didática da cartilha, evidenciando intencionalidade formativa. Quanto às dimensões tecnológicas (TK, TPK e TPACK), destaca-se a recomendação do uso do aplicativo em sala de aula, com registro pontual de necessidade de

refinamento da interface, sem comprometer a avaliação global positiva do produto.

Respostas abertas e aprovação final

As respostas abertas reforçam a avaliação positiva do produto educacional, destacando sua usabilidade, potencial pedagógico e aplicabilidade em sala de aula. Termos recorrentes como “prático”, “interessante” e “instrutivo” evidenciam aceitação ampla do aplicativo pelos participantes, enquanto as sugestões apresentadas concentram-se em ajustes pontuais, como ampliação de situações-problema contextualizadas.

Figura 7.13 – Aprovação da validação do aplicativo *Conversor Afim*

Fonte: Dados da pesquisa.

A totalidade dos participantes aprovou a validação do aplicativo (Figura 7.13), sem registros de reprovação, o que indica não apenas aceitação geral, mas reconhecimento de sua viabilidade como recurso didático. Na sequência, são apresentadas falas dos participantes:

> Sim, pelo fato de o app ser simples e bem instrutivo.

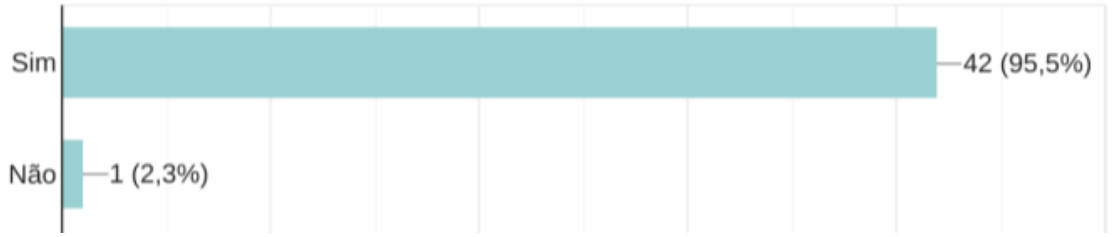
> Sim, será de grande ajuda/apoio aos estudantes; é um app muito bom e completo no que se propõe.

> Sim, o motivo pelo qual eu aprovo é porque, pelo pouco que vi na apresentação, consegui entender a função afim; não completamente, pois preciso usar mais o aplicativo.

> Sim, o aplicativo pode contribuir para a aprendizagem da Matemática por deixar as aulas mais interativas e dinâmicas.

De modo semelhante, a cartilha pedagógica de uso apresentou elevado índice de aprovação, confirmando seu papel como material de apoio à apropriação pedagógica do produto educacional.

Figura 7.14 – Aprovação da validação da cartilha pedagógica de uso do *Conversor Afim*



Fonte: Dados da pesquisa.

A seguir, registram-se falas dos participantes:

> Sim, a cartilha é de fácil compreensão, explica detalhadamente cada passo, gostei bastante.

> Ela é muito importante, pois explica por que o uso do aplicativo é importante e como vamos usá-lo, seja em sala de aula ou fora dela. Ela é abrangente e traz informações essenciais para a compreensão do aplicativo.

Em síntese, os resultados da validação formativa indicam que o *Conversor Afim*, considerado em sua totalidade — aplicativo e cartilha pedagógica (Figura 7.14)—, apresenta coerência conceitual, adequação pedagógica e viabilidade de uso em contextos reais de ensino.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi desenvolvido a partir de um trajeto investigativo construído de forma progressiva e articulada, cujo ponto de partida consistiu na escuta de professores da região Meio-Norte acerca das dificuldades recorrentes no ensino da função afim. As pesquisas diagnósticas realizadas nos anos de 2020 e 2025 evidenciaram fragilidades persistentes relacionadas, sobretudo, à leitura semântica da taxa de variação, à interpretação do valor inicial e à articulação entre diferentes registros de representação, indicando limites que atravessam tanto a formação inicial quanto as práticas docentes em exercício.

Buscando ampliar esse diagnóstico e evitar uma análise restrita ao olhar do professor, a pesquisa incorporou também o ponto de vista do aluno, por meio da análise de resultados de avaliações externas e do diálogo com a literatura científica da área. Esse movimento permitiu confirmar que as dificuldades identificadas não se restringem a procedimentos algorítmicos, mas estão associadas a obstáculos de natureza representacional e semântica, amplamente discutidos em estudos sobre o ensino de funções e sobre a coordenação entre registros de representação.

É nesse contexto que se insere a concepção do *Conversor Afim*. O produto educacional não foi pensado como resposta genérica às múltiplas dificuldades associadas ao estudo da função afim, mas como intervenção didática intencional sobre um núcleo conceitual específico, identificado ao longo do percurso investigativo: a compreensão das relações variacionais expressas na taxa de variação e no valor inicial, bem como a coordenação entre registros algébrico, gráfico, tabular e em linguagem natural. A articulação entre o modelo TPACK e a Teoria dos Registros de Representação Semiótica orientou as decisões de design didático-tecnológico, permitindo transformar diagnósticos empíricos e referenciais teóricos em funcionalidades concretas organizadas em módulos de tratamento e conversão entre registros.

A etapa de validação formativa, realizada com professores, licenciandos e especialistas, constitui o fechamento desse trajeto. Os resultados obtidos indicaram elevados índices de aprovação do aplicativo e de sua cartilha pedagógica, reconhecendo a clareza da interface, a coerência dos módulos, a articulação entre representações e a viabilidade de uso em contextos reais de ensino. A convergência entre as avaliações quantitativas e qualitativas, aliada à análise dos especialistas, confirma que as escolhas conceituais, pedagógicas e tecnológicas adotadas se materializam em um produto educacional consistente e alinhado às orientações curriculares.

No que se refere às contribuições do trabalho, destaca-se a integração operativa entre TPACK e TRRS como eixo estruturante do produto educacional. Essa integração não se limita ao plano teórico, mas se expressa na organização modular do aplicativo, na progressão didática proposta e no módulo de testes, no qual diferentes registros são mobilizados de

forma articulada em situações contextualizadas. O trabalho oferece, assim, não apenas um aplicativo funcional, mas também um racional de design didático-tecnológico passível de apropriação e adaptação por outros docentes, especialmente no âmbito da formação inicial e continuada de professores.

Reconhecem-se, entretanto, algumas limitações. O escopo conceitual do produto foi intencionalmente delimitado ao núcleo das dificuldades mais recorrentes identificadas no diagnóstico, concentrando-se na leitura dos coeficientes a e b e na coordenação entre registros, sem abarcar, neste momento, tópicos como a raiz da função, o estudo da imagem ou aplicações envolvendo dados bivariados. Além disso, embora a validação formativa tenha confirmado a viabilidade e a aceitação do produto, não foram investigados efeitos de aprendizagem em termos de desempenho longitudinal dos estudantes, o que delimita o alcance das inferências possíveis.

Os encaminhamentos futuros apontam para a ampliação do produto educacional e para investigações de impacto didático mais prolongadas, envolvendo aplicações em diferentes contextos escolares e análises comparativas de aprendizagem. Prevê-se, ainda, a incorporação gradual de novos módulos, preservando a lógica de conversões proposta pela TRRS, bem como o aprimoramento de bancos de itens voltados à exploração de conversões não congruentes e de erros típicos de interpretação. A documentação dos fluxos e blocos do App Inventor poderá, adicionalmente, favorecer a replicabilidade do modelo para outros conteúdos matemáticos.

Em síntese, este trabalho não se limita à apresentação de um produto educacional, mas documenta um percurso investigativo que parte da escuta docente, dialoga com o olhar discente e com a literatura acadêmica, materializa-se em um aplicativo e em uma cartilha pedagógica e retorna ao campo por meio da validação formativa. Ao colocar a conversão entre registros no centro do processo de aprendizagem e ao mobilizar a tecnologia como mediação intencional, o Conversor Afim evidencia que conteúdo, pedagogia e tecnologia podem atuar de forma integrada quando o design didático é orientado por demandas reais do ensino da função afim e por decisões pedagógicas fundamentadas na organização das representações e de suas articulações.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. C. A. d. [*et al.*]. Categorias teóricas de shulman: revisão integrativa no campo da formação docente. *Cadernos de Pesquisa*, SciELO Brasil, v. 49, p. 130–149, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/198053146654>.

ALVES, A. A. [*et al.*]. Explorando erros na resolução de questões envolvendo situações-problema sobre função afim. *In*: *Anais do XVIII Encontro Baiano de Educação Matemática*. Ilhéus: Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), 2019. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1Sj0HUG1P5RFj0NDUpd0yiAI5TVv4VI9r/view?usp=sharing>.

AMPLATZ, L. C. *O estudo da função afim a partir da interpretação global de propriedades figurais: uma investigação com estudantes do ensino médio*. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Educação Matemática)) — Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2020. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/5152>.

BACKES, V. M. S. [*et al.*]. Lee shulman: contribuições para a investigação da formação docente em enfermagem e saúde. *Texto & Contexto-Enfermagem*, SciELO Brasil, v. 26, n. 4, p. e1080017, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-07072017001080017>.

BALTAZAR, M. C. *Aprendizagem por investigação: explorar e desenvolver conceitos matemáticos*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/278817/001210366.pdf?sequence=1>.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016. Disponível em: <https://madmunifacs.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/08/anc3a1lise-de-contec3bado-laurence-bardin.pdf>.

BLACK, P.; WILIAM, D. Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, v. 5, n. 1, p. 7–74, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>.

BONJORNO, J. R. [*et al.*]. *Matemática por Toda Parte: 1º ano do Ensino Médio*. 1. ed. São Paulo: FTD, 2022. Componente curricular: Matemática. Área do conhecimento: Matemática e suas tecnologias. ISBN 978-65-5715-022-4. Disponível em: <https://pnld.ftd.com.br/obras/matematica-por-toda-parte-pnld-2026-ensino-medio/>.

BORTOLÁS, N. O. [*et al.*]. Interatividade percebida e atração visual: uma abordagem sobre os elementos de ação da interface gráfica do aplicativo web monitorize. *In*: *Anais do evento sobre Interatividade e Interfaces Gráficas*. [*S.l.: s.n.*], 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/129148>.

BOSSI, K. M. L.; SCHIMIGUEL, J. Metodologias ativas no ensino de matemática: estado da arte. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 4, p. e47942819–e47942819, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2819>.

BRASIL. *PCN+: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002. Acesso em: 24 set. 2025. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1xG6k_kJBJqdRRN3HgqQ9hVy1abAhSqbv/view?usp=sharing>.

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular: Educação Básica (BNCC)*. Brasília: Ministério da Educação (MEC), 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>.

CALADO, T. V.; REZENDE, V. A generalização da função afim manifestada por estudantes do 9º ano do ensino fundamental. *Revista Eletrônica de Educação Matemática*, v. 17, p. 1–22, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2022.e90148>.

CARDOSO, M. B.; BARRETO, M. C. Desempenho de graduandos da licenciatura em matemática em resolução de problemas acerca de função afim: efeitos dos fatores de congruência. *Revista Cocar*, v. 13, n. 27, p. 860–882, 2019. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/2873>.

CHERNER, T.; DIX, J.; LEE, C. Cleaning up that mess: A framework for classifying educational apps. *Contemporary issues in technology and teacher education*, Society for Information Technology & Teacher Education, v. 14, n. 2, p. 158–193, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/264533545_Cherner_T_Dix_J_Lee_C_2014_Cleaning_up_that_mess_A_framework_for_classifying_educational_apps_Contemporary_Issues_in_Technology_and_Teacher_Education_142_Retrieved_from_httpwwwcitejournalorgvol14iss2g>.

CIBOTTO, R. A. G.; OLIVEIRA, R. Tpack–conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo: uma revisão teórica. *Imagens da Educação*, v. 7, n. 2, p. 11–23, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.4025/imagenseduc.v7i2.34615>.

COSTA, J. L. F. Dificuldade de alunos do 1° ano do ensino médio no conteúdo de funções afins. Universidade Federal da Paraíba, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25877>.

COUTINHO, C. P. Tpack: em busca de um referencial teórico para a formação de professores em tecnologia educativa. Unimes Virtual, 2011. Disponível em: <https://periodicos.unimesvirtual.com.br/index.php/paideia/article/download/197/193>.

DANTE, L. R. *Matemática: Contexto & Aplicações*. São Paulo: Ática, 2014. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1UvEU_jdT5o-xHzjezfPO6QpvculP1SUI/view?usp=sharing>.

DANTE, L. R. *Do Seu Jeito Matemática: 1º ano do Ensino Médio*. 1. ed. São Paulo: Ática, 2023. Componente curricular: Matemática. Área do conhecimento: Matemática e suas tecnologias. ISBN 978-85-08-18246-4. Disponível em: <https://www.edocente.com.br/pnld/obra/do-seu-jeito-matematica-volume-1-pnld-ensino-medio-2026/>.

DELGADO, C.; FRIEDMANN, C.; LIMA, J. As dificuldades apresentadas por alunos do 1º ano do ensino médio em relação às diferentes representações da função afim. *X Encontro Nacional de Educação Matemática. Salvador-BA*, 2010. Disponível em: <https://atelierdigitas.net/CDS/ENEM10/artigos/CC/T11_CC531.pdf>.

DUVAL, R. Registros de representações semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão em matemática. *Aprendizagem em matemática: registros de representação semiótica. Campinas: Papirus*, p. 11–33, 2003.

DUVAL, R.; MORETTI, T. M. T. Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento: Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Revista Eletrônica de Educação Matemática*, v. 7, n. 2, p. 266–297, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2012v7n2p266>.

EDUCAçãO, T. P. *PNLD: o que é e como funciona o Programa Nacional do Livro e do Material Didático*. 2024. Disponível em: <https://todospelaeducacao.org.br/noticias/pnld-o-que-e-e-como-funciona-o-programa-nacional-do-livro/>.

FERREIRA, E. d. F.; SMOLE, K. C. S.; DINIZ, M. I. *Ser Protagonista: Matemática e suas Tecnologias: 1º ano do Ensino Médio*. 1. ed. São Paulo: SM Educação, 2024. Componente curricular: Matemática. Área do conhecimento: Matemática e suas tecnologias. ISBN 978-65-5692-181-8. Disponível em: <https://pnld.smeducacao.com.br/obras/ser-protagonista-matematica-e-suas-tecnologias/>.

FLORINDO, V. A.; BATISTA, S. C. F.; AZEVEDO, C. L. V. R. Análise de erros sobre função afim: considerações sobre obstáculos epistemológicos de licenciandos. *In*: *Anais do XII Encontro Nacional de Educação Matemática: Educação Matemática na Contemporaneidade – desafios e possibilidades*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), 2016. Comunicação Científica. ISSN 2178-034X. Disponível em: <https://www.sbembrasil.org.br/enem2016/anais/pdf/5360_3499_ID.pdf>.

GAY, M. S.; BARROSO, J.; OLIVEIRA, P. *Matemática em Ação: 1º ano do Ensino Médio*. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2021. Componente curricular: Matemática. Área do conhecimento: Matemática e suas tecnologias. ISBN 978-65-5537-024-3. Disponível em: <https://pnld2026.moderna.com.br/pnld/matematica/moderna-em-acao-matematica/#volume1>.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. ISBN 978-85-224-5142-5.

GUERREIRO, L. A. S. R. *O papel das representações algébricas na aprendizagem das funções*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Lisboa (Portugal), 2009. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/6af2deb58b1bf3be20c2fa04289a2a6d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>.

HARRIS, J.; HOFER, M. Instructional planning activity types as vehicles for curriculum-based tpack development. *In*: ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF COMPUTING IN EDUCATION (AACE). *Society for information technology & teacher education international conference*. 2009. p. 4087–4095. Disponível em: <https://www.learntechlib.org/primary/p/31298/>.

IEZZI, G. [*et al.*]. *Matemática: Contexto e Aplicações: Projeto Identidade: 1º ano do Ensino Médio*. 1. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2023. Componente curricular: Matemática. Área do conhecimento: Matemática e suas tecnologias. ISBN 978-65-5645-071-3. Disponível em: <https://www.edocente.com.br/pnld/obra/identidade-saraiva-matematica-volume-1-pnld-ensino-medio-2026/>.

IFMA. *Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Matemática*. Codó, MA: IFMA, 2023. Disponível em: <https://codo.ifma.edu.br/wp-content/uploads/sites/18/2024/06/PPC-Projeto-Pedagogico-do-Curso-2023.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2025.

(INEP), I. N. de Estudos e P. E. A. T. *Boletim da Escola: Resultado Final – IFMA Campus Codó (Saeb 2023)*. Brasília, DF, 2023. Relatório institucional.

(INEP), I. N. de Estudos e P. E. A. T. *Notas sobre o Brasil no PISA 2022*. Brasília: [*S.l.: s.n.*], 2023. Acesso em: 27 set. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/avaliacao-e-exames-educacionais/pisa>.

KOEHLER, M. J.; MISHRA, P. What happens when teachers design educational technology? the development of technological pedagogical content knowledge. *Journal of educational computing research*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 32, n. 2, p. 131–152, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.2190/0EW7-01WB-BKHL-QDYV>.

KUHN, M. C.; LIMA, M. A. V. B. d. Álgebra nos anos finais do ensino fundamental: reflexões a partir dos pcn e da bncc para construção do pensamento algébrico significativo. *Educação Matemática em Revista*, v. 26, n. 71, p. 113–132, 2021. Disponível em: <https://scholar.archive.org/work/7o7bdz6ccjbxzm6sspjsvks3rq/access/wayback/https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/download/2883/1540/>.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. d. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LIMA, R. A. de. *Dificuldades dos alunos no estudo da função afim*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Regional de Blumenau (Brazil), 2014. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/f9f36f588a185c59e4b86ad6c55c6683/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>.

LONGEN, E.; CURI, E.; ARAúJO, V. *Matemática: Interação e Tecnologia: 1º ano do Ensino Médio*. 1. ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2023. Componente curricular: Matemática. Área do conhecimento: Matemática e suas tecnologias. ISBN 978-65-86411-99-4. Disponível em: <https://matematicahoje.blog/wp-content/uploads/2025/08/PNDL-2026-Editora-do-Brasil-Interacao-Matematica-Aprendendo-e-resolvendo-problemas-volume-1.pdf>.

MENDES, I. [*et al.*]. Metodologias ativas: a importância da inserção de novas práticas pedagógicas no processo de ensino aprendizagem nos anos iniciais. *Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação*, v. 9, n. 1, p. 270–291, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.51891/rease.v9i1.8166>.

MINAYO, M. C. d. S. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. *In*: *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. [*S.l.: s.n.*], 1992. p. 269–269. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1344574>.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, v. 108, n. 6, p. 1017–1054, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>.

MODELSKI, D.; GIRAFFA, L. M.; CASARTELLI, A. d. O. Tecnologias digitais, formação docente e práticas pedagógicas. *Educação e Pesquisa*, v. 45, p. e180201, 2019.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/qGwHqPyjqbw5JxvSCnkVrNC/?format=html&lang=pt>.

MODELSKI, D.; GIRAFFA, L. M. M. Formação docente, práticas pedagógicas e tecnologias digitais: reflexões ainda necessárias. *Pesquiseduca*, 2018. Disponível em: <https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/14546/2/Formacao_docente_praticas_pedagogicas_e_tecnologias_digitais_reflexoes_ainda_necessarias.pdf>.

NAKASHIMA, R. H. R.; PICONEZ, S. C. B. Technological pedagogical content knowledge (tpack): modelo explicativo da ação docente. *Revista Eletrônica de Educação*, v. 10, n. 3, p. 231–250, 2016. Disponível em: <https://reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/download/1605/524>.

NASCIMENTO, L. C. S. *Construção do conceito de função matemática: um estudo colaborativo sobre a concepção e uso do aplicativo móvel Funcionalidade*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em: <https://tede.unigranrio.edu.br/handle/tede/251>.

NUNES, R.; SANTOS, I. A importância da avaliação ergonômico-pedagógica de aplicativos educacionais e os desafios encontrados no campo da aprendizagem móvel. *In*: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [*S.l.: s.n.*], 2018. v. 29, n. 1, p. 41. Disponível em: <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/sbie/article/view/7952>.

OLIVEIRA, D. S.; JUSTO, D. A. R. Geogebra: facilitando o aprendizado da função afim e função quadrática. *Revista Eletrônica de Educação Matemática*, 2015. Trabalho apresentado no Pólo de Novo Hamburgo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/134081>.

PAIVA, M. *Matemática Plus: 1º ano do Ensino Médio*. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2021. Componente curricular: Matemática. Área do conhecimento: Matemática e suas tecnologias. ISBN 978-65-5537-050-2. Disponível em: <https://pnld2026.moderna.com.br/pnld/matematica/moderna-plus-matematica/#volume1>.

PONTES, J. d. C. Questões objetivas sobre funções das provas de matemática do vestibular da ufrn dos anos de (2001 a 2008): um diagnóstico sobre os erros que os candidatos cometem. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/4fb1172c-5034-4271-8461-f5ffd74a03fc/content>.

PORTELA, E. T. Aprendendo por meio da análise de erros: uma investigação sobre as operações com frações no estudo da função afim. Mestrado Profissional em Matemática, 2018. Disponível em: <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/10267>.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2. ed. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2013. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=zUDsAQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=p#v=onepage&q&f=false>.

RAFAEL, I. M. d. S. C.; SOUSA, A. O. d. B.; FREITAS, R. L. d. A função social da escola pública no contexto atual. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/39125>.

REIS, A. M. *Uma proposta dinâmica para o ensino de função afim a partir de erros dos alunos no primeiro ano do ensino médio*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) — Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2011. Orientador: Gerson Pastre de Oliveira. Disponível em: <https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/posgraduacao/programas/educacaomatematica/adinilson_reis.pdf>.

ROMANELLO, L. A.; DOMINGUES, N. S. Fases das tecnologias digitais na exploração matemática em sala de aula: das calculadoras gráficas aos celulares inteligentes. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 14, n. 30, p. 105–122, 2018. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6644985>.

SANTOS, G. L. D.; BARBOSA, J. C. Como ensinar o conceito de função. *Educação Matemática em Revista*, v. 22, n. 53, p. 27–37, 2017. Disponível em: <https://extensaotcosta.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/05/691-1782-1-pb.pdf>.

SANTOS, M. B. d. [*et al.*]. A construção do conceito de função no ensino fundamental. *In*: SOCIEDADE BRASILEIRA DE EDUCAçãO MATEMáTICA – SBEM. *Anais do VIII Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM)*. Recife, 2004. p. 1–12. Mini-curso apresentado no GT2: Educação Matemática nas Séries Finais do Ensino Fundamental. Disponível em: <https://sbembrasil.org.br/files/viii/pdf/02/1MC21923175068.pdf>.

SCHMIDT, D. A. [*et al.*]. Survey of preservice teachers' knowledge of teaching and technology. *Récupéré le*, v. 2, p. 1–8, 2009. Disponível em: <https://sciencetonic.de/media/015_digimedia/015_tpack/LIT_110_Schmidt_Baran_Mishra_Koehler_et_al_TPACK_Survey_2009.pdf>.

SHULMAN, L. S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, v. 15, n. 2, p. 4–14, 1986. Disponível em: <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>.

SHULMAN, L. S. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, v. 57, n. 1, p. 1–22, 1987. Disponível em: <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>.

SHULMAN, L. S. Conhecimento e ensino: fundamentos para a nova reforma. *Cadernos Cenpec/ Nova série*, v. 4, n. 2, 2015. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/5233/42637061d788ffdefc31f108c6e3369b8e7a.pdf>.

SILVA, A. J. d. C. *Guia prático de metodologias ativas com uso de tecnologias digitais da informação e comunicação*. Lavras: Editora UFLA, 2020. 10–11 p. ISBN 978-65-86561-02-9. Disponível em: <https://repositorio.ufla.br/handle/1/42956>.

SILVA, E. d. S. da; UGGIONI, E. Dificuldades na aprendizagem de função polinomial do 1º grau: Relato de experiência. *Anais Seminário de Integração e Socialização de Pesquisas e Práxis Pedagógica em Matemática*, v. 3, 2019. Disponível em: <https://www.periodicos.unesc.net/ojs/index.php/seminariomat/article/download/5667/5141>.

SILVA, E. M. d. *O conceito de função e suas linguagens*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) — Universidade do Estado do Pará, Belém, 2020. Centro de Ciências Sociais e Educação, Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Matemática. Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/597753>.

SILVA, M. G. da; BATISTA, S. C. F. Metodologia de avaliação: análise da qualidade de aplicativos educacionais para matemática do ensino médio. *RENOTE*, v. 13, n. 1, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.57641>.

SILVA, T. L. O.; GOUVEIA, R. P. Uma análise dos erros cometidos no 3º ano do ensino médio ao estudar funções. *Anais da Semana de Licenciatura*, p. 343–347, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ifg.edu.br/index.php/semlic/article/view/773>.

SKOVSMOSE, O. Cenários para investigação. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, v. 13, n. 14, p. 66–91, 2000. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/bolema/article/view/10635>.

SOARES, J. F. d. C. Erros comuns dos estudantes em álgebra. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.bdtd.uerj.br:8443/handle/1/18390>.

SOARES, L. H.; RÊGO, R. O concreto e o abstrato no ensino de matemática. *4º Simpósio Internacional de Pesquisa em Educação Matemática*, v. 29, n. 30, p. 1–13, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1385.7760>.

SOUZA, J. R. d. *360° Matemática: 1ª série: Ensino Médio: Volume I.* 1. ed. São Paulo: FTD, 2024. Componente curricular: Matemática. Área do conhecimento: Matemática e suas tecnologias. ISBN 978-85-96-04626-8. Disponível em: <https://pnld.ftd.com.br/obras/360o-matematica-pnld-2026-ensino-medio/>.

STEIGENBERGER, A. L. [*et al.*]. *Superação! Matemática: ensino médio - 1º ano: manual do professor*. 1. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2024. ISBN 978-85-16-13992-6. Disponível em: <https://pnld2026.moderna.com.br/pnld/matematica/moderna-superacao-matematica/#volume1>.

Apêndices

APÊNDICE A – TERMO DE ACEITE E CONDIÇÕES DE PARTICIPAÇÃO NO EVENTO FORMATIVO

Termo de Aceite e Condições de Participação no Evento Formativo

O presente Termo refere-se à participação na palestra formativa destinada a professores e licenciandos do curso de Matemática, com apresentação do aplicativo *Conversor Afim*, desenvolvido como produto educacional no âmbito do Mestrado Profissional em Ensino de Matemática da Universidade do Estado do Pará (UEPA).

2. Objetivo do Evento

O encontro tem por finalidade:

a) apresentar o aplicativo *Conversor Afim*;

b) permitir a experimentação prática pelos participantes;

c) recolher percepções, sugestões e avaliações para fins de validação do produto educacional.

3. Atividades Envolvidas

Durante o evento, os participantes poderão:

- assistir à exposição teórica e demonstrativa;
- utilizar o aplicativo em seus dispositivos pessoais;
- responder aos instrumentos de validação (questionários);
- participar de discussões orientadas.

4. Natureza da Participação

A participação é voluntária, podendo o(a) participante desistir a qualquer momento, sem prejuízo ou penalidade.

5. Riscos e Benefícios

A atividade apresenta risco mínimo, restrito ao uso de dispositivos móveis pessoais. Os benefícios incluem acesso a materiais formativos, uso pedagógico de tecnologias digitais e oportunidade de contribuir para o aprimoramento do produto educacional.

6. Uso das Informações Coletadas

As informações fornecidas nos instrumentos de validação serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos, no âmbito da pesquisa de mestrado, preservando o anonimato e a confidencialidade de todos os participantes.

Nenhum dado pessoal será divulgado ou associado à identidade dos respondentes.

7. Registro de Imagens

Poderão ser realizados registros fotográficos ou audiovisuais do evento, exclusivamente para fins institucionais e acadêmicos, sem identificação nominal dos participantes.

8. Declaração de Concordância

Declaro que li e compreendi as informações acima, estou ciente dos objetivos e procedimentos do evento e aceito participar nas condições descritas neste Termo.

APÊNDICE B – APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E IDENTIFICAÇÃO DOS PARTICIPANTES

Prezados(as) professores(as) do Instituto Federal do Maranhão (IFMA) e licenciandos(as) do curso de Matemática,

Sou estudante do **Mestrado Profissional em Ensino de Matemática da Universidade do Estado do Pará (UEPA)** e desenvolvi o produto educacional denominado *Conversor Afim*, um aplicativo voltado ao ensino e à aprendizagem da **função afim**, fundamentado nos referenciais da **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**, da **Teoria dos Registros de Representação Semiótica (Duval)** e do modelo **TPACK** (Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e do Conteúdo).

O presente instrumento integra a etapa de **validação da pesquisa**, cujo propósito é recolher percepções e contribuições de professores em exercício e estudantes de licenciatura em Matemática. A intenção é analisar a aplicabilidade e o potencial formativo do *Conversor Afim* e de sua **cartilha de apoio docente**, materiais concebidos para favorecer a articulação entre tecnologia digital, conteúdo matemático e práticas pedagógicas contextualizadas.

Além do aplicativo, a **cartilha do professor** apresenta orientações, exemplos e sugestões de atividades que demonstram possibilidades de uso do *Conversor Afim* em sala de aula, buscando subsidiar o planejamento docente e estimular a integração entre teoria e prática.

Sua colaboração é essencial para o aprimoramento deste produto educacional. As respostas serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos e de pesquisa, com garantia de anonimato e confidencialidade das informações.

APÊNDICE C – FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES DA VALIDAÇÃO

1. Dados Gerais

Nome: _____

Cidade: _____

Você é: ☐ Professor(a) do IFMA ☐ Licenciando(a) em Matemática

2. Perfil Profissional e Acadêmico

Tempo de experiência docente:
☐ Até 5 anos ☐ 6–10 anos ☐ Mais de 10 anos ☐ Não se aplica

Formação acadêmica:
☐ Licenciatura ☐ Especialização ☐ Mestrado ☐ Doutorado ☐ Em formação inicial

3. Uso de Tecnologias Digitais

Familiaridade com tecnologias digitais:
☐ Alta ☐ Média ☐ Baixa

Você conhece ou já utilizou as seguintes ferramentas? (marque quantas desejar)
☐ GeoGebra ☐ App Inventor ☐ Planilhas (Excel/Sheets)
☐ Geradores de gráficos online ☐ Apps educacionais (celular)
☐ Plataformas (Moodle, Google Classroom etc.)

Outras: _____

Frequência de uso nas aulas:
☐ Frequentemente ☐ Ocasionalmente ☐ Raramente ☐ Nunca

APÊNDICE D – FICHA DE VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL – APLICATIVO

4. Avaliação Geral do Aplicativo (escala: Sim / Em parte / Não)

Questões	**Sim**	**Em parte**	**Não**
A interface é atrativa e intuitiva?	☐	☐	☐
O aplicativo é relevante para o ensino de função afim?	☐	☐	☐
Contribui para a compreensão dos coeficientes a e b?	☐	☐	☐
As representações (algébrica, gráfica, tabular e verbal) são bem articuladas?	☐	☐	☐
Pode contribuir para o engajamento e motivação dos estudantes?	☐	☐	☐
Está alinhado à BNCC e ao currículo do Ensino Médio?	☐	☐	☐
Recomendaria o uso do *Conversor Afim* em sala de aula?	☐	☐	☐

5. Avaliação dos Módulos

Na sua opinião, cada módulo atende ao objetivo a que se propõe?

Módulo	**Sim**	**Em parte**	**Não**
Pontos–Reta	☐	☐	☐
Tratamento Tabular	☐	☐	☐
Gráfico	☐	☐	☐
Tratamento Algébrico	☐	☐	☐
Gráfico–Algébrico	☐	☐	☐
Tabela–Álgebra	☐	☐	☐
Linguagem Natural (coeficiente a)	☐	☐	☐
Testes	☐	☐	☐

Comentário opcional:

_____

_____

6. Questão Aberta Final

"Você aprova a validação do aplicativo Conversor Afim? Se sim, justifique sua resposta (a justificativa é opcional)."

APÊNDICE E – FICHA DE VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL – CARTILHA

7. Avaliação Geral da Cartilha (escala: Sim / Em parte / Não)

Questões	**Sim**	**Em parte**	**Não**
O texto é claro e de fácil compreensão?	☐	☐	☐
O conteúdo é relevante para o ensino de função afim?	☐	☐	☐
Os exemplos e atividades são adequados ao Ensino Médio?	☐	☐	☐
Orienta de forma prática como utilizar o aplicativo em sala?	☐	☐	☐
Contribui para a compreensão didático-pedagógica da função afim?	☐	☐	☐
Pode auxiliar professores em formação inicial e continuada?	☐	☐	☐
Recomendaria a cartilha a outros docentes?	☐	☐	☐

8. Questão Aberta Final

"Você aprova a validação da cartilha de uso do Conversor Afim? Se sim, justifique sua resposta (a justificativa é opcional)."

_____

_____

_____

Anexos

ANEXO A – FICHA DE AVALIAÇÃO DE PRODUTOS EDUCACIONAIS

Figura A.1 – Ficha de Avaliação de Produtos Educacionais — página 1

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA

FICHA DE AVALIAÇÃO DE PRODUTOS EDUCACIONAIS – BANCA EXAMINADORA

Título: _____

_____

Mestrando (a): _____

Data da avaliação: __/__/____

PÚBLICO ALVO DO PRODUTO EDUCACIONAL

a) *Destinado à:*

( ) Estudantes do Ensino Fundamental ( ) Estudantes do Ensino Médio

( ) Professores do Ensino Fundamental ( ) Professores do Ensino Médio

( ) Outros: _____

INFORMAÇÕES SOBRE O PRODUTO EDUCACIONAL

a) *Tipo de Produto Educacional*

( ) Sequência Didática ( ) Página na Internet ( ) Vídeo

( ) Texto Didático (alunos/professores) ( ) Jogo Didático ( ) Aplicativo

( ) Software ( ) Outro: _____

b) *Possui URL:* ( ) Sim, qual o URL: _____

( ) Não ( ) Não se aplica

c) *É coerente com a questão-foco da pesquisa?*

( ) Sim

( ) Não. Justifique? _____

d) *É adequado ao nível de ensino proposto?*

( ) Sim

( ) Não. Justifique? _____

e) *Está em consonância com a linguagem matemática do nível de ensino proposto?*

( ) Sim

( ) Não. Justifique? _____

ESTRUTURA DO PRODUTO EDUCACIONAL

a) *Possui sumário:* ( ) Sim ( ) Não ( ) Não se aplica

b) *Possui orientações ao professor:* ( ) Sim ( ) Não ( ) Não se aplica

Página **1** de **3**

Fonte: Universidade do Estado do Pará (UEPA)

Figura A.2 – Ficha de Avaliação de Produtos Educacionais — página 2

c) *Possui orientações ao estudante:* ( ) Sim ( ) Não ( ) Não se aplica

d) *Possui objetivos/finalidades:* ( ) Sim ( ) Não ( ) Não se aplica

e) *Possui referências:* ( ) Sim ( ) Não ( ) Não se aplica

f) *Tamanho da letra acessível:* ( ) Sim ( ) Não ( ) Não se aplica

g) *Ilustrações são adequadas:* ( ) Sim ( ) Não ( ) Não se aplica

CONTEXTO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

a) *Foi aplicado?*

( ) Sim, onde: _____

( ) Não, justifique: _____

( ) Não se aplica

b) *Pode ser aplicado em outros contextos de Ensino?*

( ) Sim, onde: _____

( ) Não, justifique: _____

( ) Não se aplica

c) *O produto educacional foi validado antes de sua aplicação?*

( ) Sim, onde: _____

( ) Não, justifique: _____

( ) Não se aplica

d) *Em qual condição o produto educacional foi aplicado?*

( ) na escola, como atividade regular de sala de aula

( ) na escola, como um curso extra

( ) outro: _____

e) *A aplicação do produto envolveu (marque as alternativas possíveis):*

( ) Alunos do Ensino Fundamental

( ) Alunos do Ensino Médio

( ) Professores do Ensino Fundamental

( ) Professores do Ensino Médio

( ) outros membros da comunidade escolar, tais como _____

( ) outros membros da comunidade, tais como _____

O produto educacional foi considerado:

Página **2** de **3**

Fonte: Universidade do Estado do Pará (UEPA)

Figura A.3 – Ficha de Avaliação de Produtos Educacionais — página 3

( ) APROVADO ( ) APROVADO COM MODIFICAÇÕES ( ) REPROVADO

MEMBROS DA BANCA
Assinaturas

Nome (Presidente)
_____
Titulação
Instituição

Nome (Examinador 01)
_____
Titulação
Instituição

Nome (Examinador 02)
_____
Titulação
Instituição

Fonte: Universidade do Estado do Pará (UEPA)

Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Sociais e Educação
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática
Travessa Djalma Dutra, s/n – Telégrafo
66113-200 Belém-PA
www.uepa.br/ppgem