



**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO E HUMANIDADES
DOUTORADO EM CIÊNCIAS DA LINGUAGEM**

**A LINGUAGEM MATEMÁTICA E ESTRATÉGIAS METACOGNITIVAS DE
LEITURA EM UM APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA COMO
FERRAMENTA DE APOIO AO ENSINO DA ÁLGEBRA**

Maria Guadalupe Dourado Rabello

RECIFE
2026

MARIA GUADELUPE DOURADO RABELLO

**A LINGUAGEM MATEMÁTICA E ESTRATÉGIAS METACOGNITIVAS DE
LEITURA EM UM APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA COMO
FERRAMENTA DE APOIO AO ENSINO DA ÁLGEBRA**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Linguagem da Universidade Católica de Pernambuco como requisito para a obtenção do título de Doutora em Ciências da Linguagem.

Linha de Pesquisa: Linha 2 – Processos de Organização Linguística e Identidade Social.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Madeiro Bernardino Junior

Coorientadora: Profa. Dra. Nadia Pereira da Silva Gonçalves de Azevedo

RECIFE
2026

MARIA GUADELUPE DOURADO RABELLO


**A LINGUAGEM MATEMÁTICA E ESTRATÉGIAS METACOGNITIVAS DE
LEITURA EM UM APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA COMO
FERRAMENTA DE APOIO AO ENSINO DA ÁLGEBRA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Linguagem, da Universidade Católica de Pernambuco, como requisito para a obtenção do Título de Doutora em Ciências da Linguagem.

Data da Defesa: 24/03/2026.


BANCA DE DEFESA

Documento assinado digitalmente

 **MARIA DE LOURDES MELO GUEDES ALCOFORADO**
Data: 23/04/2026 21:55:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Profa. Dra. Maria de Lourdes Melo Guedes Alcoforado
Universidade de Pernambuco (UPE)
(Membro Externo)

Documento assinado digitalmente

 **WASLON TERLIZZIE ARAUJO LOPES**
Data: 22/04/2026 13:50:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. Waslon Terlizzie Araújo Lopes
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
(Membro Externo)

Documento assinado digitalmente

 **ELAINE PEREIRA DARÓZ**
Data: 23/04/2026 12:47:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Profa. Dra. Elaine Pereira Daróz
Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP)
(Membro Interno)

Documento assinado digitalmente

 **ROBERTA VARGINHA RAMOS CAIADO**
Data: 23/04/2026 16:19:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Roberta Varginha Ramos Caiado
Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP)
(Membro Interno)

Documento assinado digitalmente

 **FRANCISCO MADEIRO BERNARDINO JUNIOR**
Data: 22/04/2026 13:08:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Francisco Madeiro Bernardino Junior
Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP)
(Orientador)

RECIFE
2026

R1141 Rabello, Maria Guadalupe Dourado.
A linguagem matemática e estratégias metacognitivas
de leitura em um aplicativo de realidade aumentada como
ferramenta de apoio ao ensino da Álgebra / Maria Guadalupe
Dourado Rabello, 2026.
118 f.: il.

Orientador: Francisco Madeiro Bernardino Junior.
Coorientador(a): Nadia Pereira da Silva G. de Azevedo.
Tese (Doutorado) - Universidade Católica de Pernambuco.
Programa de Pós-graduação em Ciências da Linguagem.
Doutorado em Ciências da Linguagem, 2026.

1. Língua materna. 2. Estratégias de aprendizagem.
3. Cognição. 4. Álgebra. 5. Leitura. 6. Realidade aumentada.
7. Educação - Inovações tecnológicas. I. Título.

CDU 801

Luciana Vidal CRB-4/1338

*“Ó Mestre, fazei que eu procure mais.
Consolar, que ser consolado.
Compreender, que ser compreendido.
Amar, que ser amado.
Pois é dando que se recebe.
É perdoando que se é perdoado.
E é morrendo que se vive
para a vida eterna!”*

(Trecho da Oração de São Francisco de Assis).

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Nosso Senhor Jesus Cristo e a Nossa Senhora pela saúde, pelas bênçãos que diariamente me sustentam, pela presença constante em minha vida e por iluminarem o meu caminho. É na Luz Deles que encontro força, equilíbrio e determinação para seguir a minha caminhada com fé, coragem e alegria.

Ao meu querido marido, Leo, pela presença em minha vida, pelo incentivo desde o Mestrado até o Doutorado e pela torcida no dia da minha defesa! Obrigada por ter me acompanhado em cada etapa dos meus estudos, compartilhando com sabedoria a sua experiência acadêmica. Sou muito grata pelas suas palavras de carinho, de força e de apoio. Agradeço demais pela confiança ao me convidar a coorientar um de seus orientandos e pelas parcerias que construímos juntos, pois é muito gratificante para mim e motivo de muita alegria e satisfação. Não tenho palavras para lhe agradecer, Leo! Que Jesus e Maria continuem abençoando você e lhe dando todo o sucesso que merece!

À minha linda filha, Juliana, por estar sempre presente em minha vida e por compreender meus momentos de dedicação aos estudos. Obrigada pelo incentivo e pela torcida no dia da minha defesa! Que Jesus e Maria lhe cubram de bênçãos e iluminem o seu caminho, para que seja repleto de realizações!

Aos meus pais, Maurício (*in memoriam*) e Lúcia, minha gratidão eterna pela educação e pelos valores que me foram transmitidos. Ao meu pai, agradeço pelo exemplo e pelo legado que permanecem vivos em minhas lembranças. À minha mãe, agradeço pela presença constante em minha vida, pelas orações e pelos conselhos que continuam a me guiar e fortalecer. Hoje, colho os frutos desse amor e dedicação refletidos em cada conquista. Que meu pai, já na morada do Pai, seja sempre lembrado com ternura, e que minha mãe receba as infinitas bênçãos Divinas em sua vida!

Ao meu orientador, Prof. Francisco Madeiro, expresso minha sincera gratidão pela dedicação a este trabalho. Agradeço por cada orientação recebida, pelo conhecimento compartilhado e pela confiança ao possibilitar parcerias acadêmicas com quatro de seus alunos de graduação, experiências das quais muito aprendi e sigo aprendendo. Obrigada pelas oportunidades de aprendizado, pelas publicações em periódicos e pelas valiosas revisões e contribuições ao longo deste percurso acadêmico.

À minha coorientadora, Profa. Nadia Pereira da Silva Gonçalves de Azevedo, expresso minha gratidão e admiração por ter acolhido este trabalho com tanta gentileza e simpatia.

Agradeço pelo carinho dedicado, pelo carisma, pela valorização desta pesquisa e pelas valiosas contribuições.

Aos membros das bancas de qualificação: Profa. Vera Lucia Felicetti e Profa. Maria de Lourdes Melo Guedes Alcoforado (primeira qualificação); Profa. Maria de Lourdes Melo Guedes Alcoforado, Prof. Waslon Terllizzie Araújo Lopes, Profa. Elaine Pereira Daróz e Profa. Roberta Varginha Ramos Caiado (segunda qualificação) pelas valiosas contribuições para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos membros da banca de defesa: Profa. Maria de Lourdes Melo Guedes Alcoforado, Prof. Waslon Terllizzie Araújo Lopes, Profa. Elaine Pereira Daróz e Profa. Roberta Varginha Ramos Caiado, sou imensamente grata pelas valiosas contribuições, comentários e observações que enriqueceram a versão final deste trabalho.

A Robson Cavalcanti Lins Junior, agradeço pela sua dedicação, tranquilidade e competência no desenvolvimento do aplicativo. O AlgebrAr, que foi você quem batizou, ficou lindo!

Ao Prof. Robson Cavalcanti Lins agradeço pela sua simpatia, participação e experiência compartilhada ao longo de todo o processo de desenvolvimento do aplicativo. Obrigada, professor, pela atenção dedicada em todas as etapas, pelas reuniões que realizamos e pela constante preocupação para que tudo desse certo!

Aos professores do PPGCL, muito obrigada pelo aprendizado. À coordenação do PPGCL, muito grata pela atenção e apoio que foram dados a minha pesquisa.

Aos colegas do PPGCL, com quem tive contato, agradeço pelas trocas de conhecimentos e experiências.

Ao Prof. Vicente Francisco de Sousa Neto, de quem fui aluna durante o curso de graduação em Matemática na UNICAP, agradeço pelo incentivo aos estudos e pela acolhida quando precisei cursar a disciplina de Estágio Docente II. Levo comigo, desse momento, uma frase: “*Que bom que vamos estudar Matemática juntos novamente, Guadalupe!*”.

Agradeço de coração a toda equipe da Escola de Referência em Ensino Fundamental e Ensino Médio Governador Barbosa Lima pelo apoio dedicado nas diversas fases do meu Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Código de Financiamento: 88887.678089/2022-00.

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo investigar se o uso de estratégias metacognitivas de leitura pode contribuir para uma melhor interação entre a linguagem matemática, a língua materna e a linguagem semiótica em situações-problema envolvendo a Álgebra. Para tanto, foi desenvolvido um aplicativo de Realidade Aumentada, denominado AlgebrAR, que contém elementos da gamificação, como ferramenta de apoio ao ensino e aprendizado. De acordo com o Sistema de Avaliação Educacional de Pernambuco (SAEPE), no ano de 2024, os alunos do nono ano do Ensino Fundamental da Rede Estadual de Pernambuco vêm apresentando baixos índices de desempenho no tema da Álgebra, inclusive quando aplicada a situações-problema. Nesse sentido, o presente trabalho se fundamenta em estudos que propõem o uso de estratégias metacognitivas de leitura como recurso para favorecer a interação entre a linguagem matemática, a língua materna e a linguagem semiótica, considerando que a linguagem matemática é constituída por códigos e símbolos que demandam processos de interpretação e compreensão. Essas estratégias visam ao monitoramento da própria cognição, possibilitando que o estudante autorregule e direcione seu processo de compreensão textual durante a resolução das situações-problema presentes no aplicativo. Além disso, esta pesquisa apoia-se nas abordagens da Semiótica aplicadas ao ensino e aprendizado da matemática, bem como na Teoria dos Registros de Representação Semiótica, que evidencia a importância da coordenação entre diferentes formas de representação semiótica para a construção do conhecimento algébrico. As estratégias metacognitivas estão contempladas no aplicativo AlgebrAR, o qual foi avaliado por vinte e quatro discentes do nono ano do Ensino Fundamental de uma escola da Rede Estadual de Pernambuco. Os alunos utilizaram o aplicativo e, posteriormente, responderam a três questionários avaliativos. Os resultados apontam que as estratégias metacognitivas de leitura se apresentam como um caminho para melhorar o desempenho escolar dos discentes e potencializar o Letramento Matemático em situações-problema envolvendo a Álgebra.

Palavras-chave: 1. Linguagem Matemática, 2. Língua Materna, 3. Álgebra, 4. Estratégias Metacognitivas, 5. Realidade Aumentada.

ABSTRACT

This research aims to investigate whether the use of metacognitive reading strategies can contribute to better interaction between the mathematical language, the mother tongue, and the semiotic language in problem-solving situations involving Algebra. To this end, an Augmented Reality application, called AlgebrAR, which incorporates gamification elements, was developed as a tool to support teaching and learning. According to the Pernambuco Educational Assessment System (SAEPE), in 2024, ninth-grade students in the Pernambuco State School System have shown low performance rates in Algebra, even when applied to problem-solving situations. In this sense, this work is based on studies that propose the use of metacognitive reading strategies as a resource to promote interaction between the mathematical language, the mother tongue, and the semiotic language, considering that the mathematical language is constituted by codes and symbols that demand interpretation and comprehension processes. These strategies aim at monitoring one's own cognition, enabling students to self-regulate and direct their textual comprehension process while solving problem situations present in the application. Furthermore, this research is based on semiotic approaches applied to the teaching and learning of mathematics, as well as the Theory of Semiotic Representation Registers, which highlights the importance of coordination between different forms of semiotic representation for the construction of algebraic knowledge. Metacognitive strategies are included in the AlgebrAR application, which was evaluated by twenty-four ninth-grade students from a state school in Pernambuco. The students used the application and subsequently answered three evaluative questionnaires. The results indicate that metacognitive reading strategies present themselves as a way to improve students' academic performance and enhance mathematical literacy in problem situations involving algebra.

Keywords: 1. Mathematical Language, 2. Mother Tongue, 3. Algebra, 4. Metacognitive Strategies, 5. Augmented Reality.

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo indagar si el uso de estrategias metacognitivas de lectura puede contribuir a una mejor interacción entre el lenguaje matemático, la lengua materna y el lenguaje semiótico en situaciones de resolución de problemas que involucran álgebra. Para ello, se desarrolló una aplicación de Realidad Aumentada, denominada AlgebrAR, que incorpora elementos de gamificación, como herramienta de apoyo a la enseñanza y el aprendizaje. Según el Sistema de Evaluación Educativa de Pernambuco (SAEPE), en 2024, los estudiantes de noveno grado del Sistema Escolar Estatal de Pernambuco mostraron bajos índices de rendimiento en álgebra, incluso cuando se aplicó a situaciones de resolución de problemas. En este sentido, este trabajo se basa en estudios que proponen el uso de estrategias metacognitivas de lectura como recurso para promover la interacción entre el lenguaje matemático, la lengua materna y el lenguaje semiótico, considerando que el lenguaje matemático está constituido por códigos y símbolos que requieren procesos de interpretación y comprensión. Estas estrategias buscan monitorear la propia cognición, permitiendo a los estudiantes autorregularse y dirigir su proceso de comprensión textual mientras resuelven las situaciones problemáticas presentes en la aplicación. Además, esta investigación se basa en enfoques semióticos aplicados a la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, así como en la Teoría de los Registros de Representación Semiótica, que resalta la importancia de la coordinación entre diferentes formas de representación semiótica para la construcción del conocimiento algebraico. La aplicación AlgebrAR incluye estrategias metacognitivas y fue evaluada por veinticuatro estudiantes de noveno grado de una escuela pública de Pernambuco. Los estudiantes utilizaron la aplicación y posteriormente respondieron tres cuestionarios de evaluación. Los resultados indican que las estrategias de lectura metacognitivas se presentan como una forma de mejorar el rendimiento académico de los estudiantes y potenciar la alfabetización matemática en situaciones problemáticas que involucran álgebra.

Palabras clave: 1. Lenguaje matemático, 2. Lengua materna, 3. Álgebra, 4. Estrategias metacognitivas, 5. Realidad aumentada.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

D - Descritor

EF - Ensino Fundamental

EM – Ensino Médio

LM – Língua Materna

LMAT - Linguagem Matemática

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

PEBEPE - Parâmetros para a Educação Básica do Estado de Pernambuco

PNA - Política Nacional de Alfabetização

PNAIC - Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa

RA – Realidade Aumentada

RV – Realidade Virtual

SAEPE - Sistema de Avaliação Educacional de Pernambuco

TRRS – Teoria dos Registros de Representação Semiótica

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Representação gráfica para a compreensão do Teorema de Pitágoras	22
Figura 2:	Fluxograma das estratégias metacognitivas de leitura presentes no aplicativo AlgebrAR	41
Figura 3:	Tela de <i>Menu</i> do aplicativo	59
Figura 4:	Tela do 1º desafio do aplicativo	59
Figura 5:	Elemento do “Desafio 1” em RA	60
Figura 6:	Reação da personagem amigável ao erro do estudante no desafio	60
Figura 7:	Tela do “Desafio 1” com opção de revisão	60
Figura 8:	Tela após clicar em “Não”	60
Figura 9:	Tela de revisão do “Desafio 1”	61
Figura 10:	Elemento da revisão do “Desafio 1” em RA	62
Figura 11:	Reação da personagem amigável quando o aluno acerta o desafio	62
Figura 12:	Tela do “Desafio 2” com opção de revisão	63
Figura 13:	Elemento do “Desafio 2” em RA	63
Figura 14:	Elemento da revisão do “Desafio 2” em RA	63
Figura 15:	Reação da personagem amigável ao finalizar os desafios	63
Figura 16:	Tela do Jogo da Memória	65
Figura 17:	Tela do Jogo da Memória com peça de texto virada	65
Figura 18:	Tela do Jogo da Memória com peça de imagem virada	65
Figura 19:	Tela do Jogo da Memória com peça de imagem ampliada	65
Figura 20:	Tela do Jogo da Memória com peça de áudio virada	66
Figura 21:	Tela do Jogo da Memória com pares de peças acertados	66
Figura 22:	Primeiro par de telas referentes ao formulário de avaliação de preferência dos discentes: sem o uso Realidade Aumentada (Tela A1); com o uso da Realidade Aumentada (Tela A2)	72
Figura 23:	Segundo par de telas referentes ao formulário de avaliação de preferência dos discentes: sem o uso das estratégias metacognitivas (Tela B1); com o uso das estratégias metacognitivas (Tela B2)	73
Figura 24:	Terceiro par de telas referentes ao formulário de avaliação de preferência dos discentes: sem o uso das estratégias metacognitivas (Tela C1); com o uso das estratégias metacognitivas (Tela C2)	73
Figura 25:	Quarto par de telas referentes ao formulário de avaliação de preferência dos discentes: sem o uso das estratégias metacognitivas (Tela D1); com o uso das estratégias metacognitivas (Tela D2)	74

Figura 26: Quinto par de telas referentes ao formulário de avaliação de preferência dos discentes: peças com a linguagem matemática e língua materna (Tela E1); peças com linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica (Tela E2)	74
Figura 27: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à primeira pergunta	78
Figura 28: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à segunda pergunta	79
Figura 29: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à terceira pergunta	79
Figura 30: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à quarta pergunta	80
Figura 31: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à quinta pergunta	80
Figura 32: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à sexta pergunta	81
Figura 33: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à sétima pergunta	81
Figura 34: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à oitava pergunta	82
Figura 35: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à nona pergunta	82
Figura 36: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à décima pergunta	83
Figura 37: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à primeira afirmativa	84
Figura 38: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à segunda afirmativa	84
Figura 39: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à terceira afirmativa	85
Figura 40: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à quarta afirmativa	85
Figura 41: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à quinta afirmativa	86
Figura 42: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à sexta afirmativa	86

Figura 43: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à sétima afirmativa	87
Figura 44: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à oitava afirmativa	87
Figura 45: Porcentagem (%) de respostas atribuídas aos alunos para avaliação do terceiro questionário referente ao primeiro par de telas	88
Figura 46: Porcentagem (%) de respostas atribuídas aos alunos para avaliação do terceiro questionário referente ao segundo par de telas	89
Figura 47: Porcentagem (%) de respostas atribuídas aos alunos para avaliação do terceiro questionário referente ao terceiro par de telas	90
Figura 48: Porcentagem (%) de respostas atribuídas aos alunos para avaliação do terceiro questionário referente ao quarto par de telas	90
Figura 49: Porcentagem (%) de respostas atribuídas aos alunos para avaliação do terceiro questionário referente ao quinto par de telas	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Percentual de acertos por descritor dos alunos do 9º ano do EF na Rede Estadual de Pernambuco no ano de 2024, de acordo com resultados extraídos do SAEPE – Tema Álgebra	19
Tabela 2:	Percentual de acertos por descritor dos alunos do 9º ano do EF na Rede Estadual de Pernambuco no ano de 2024, de acordo com resultados extraídos do SAEPE – Tema Grandezas e medidas	23
Tabela 3:	Percentual de acertos dos descritores que envolvem a Álgebra dos alunos do 9º ano do EF na Rede Estadual de Pernambuco no ano de 2021, de acordo com resultados extraídos do SAEPE	25
Tabela 4:	Percentual de acertos do descritor D20 dos alunos do 9º ano do EF nas Redes Municipal e Estadual de Pernambuco no ano de 2021, de acordo com resultados extraídos do SAEPE	25
Tabela 5:	Percentual de acertos do descritor D34 dos alunos do 9º ano do EF na Rede Estadual de Pernambuco no ano de 2022, de acordo com resultados extraídos do SAEPE	26
Tabela 6:	Percentual de acertos dos descritores D18 e D21 dos alunos do 9º ano do EF na Rede Estadual de Pernambuco no ano de 2022, de acordo com resultados extraídos do SAEPE	26
Tabela 7:	Trabalhos que envolvem as estratégias metacognitivas no ensino e aprendizado da matemática	29
Tabela 8:	Detalhamento das etapas, tarefas e objetivos das estratégias metacognitivas de leitura presentes no aplicativo AlgebrAR	39
Tabela 9:	Distribuição da pontuação da Escala Likert e suas respectivas cores	83

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	29
2.1 Estratégias metacognitivas de leitura no ensino e aprendizado da matemática.....	29
2.2 Estratégias metacognitivas de leitura no ensino da Álgebra	38
2.3 Linguagem matemática e língua materna como um caminho para o Letramento Matemático ...	42
2.4 Contribuições da semiótica para o ensino da matemática	45
2.5 Ferramentas tecnológicas como apoio ao ensino e aprendizado da matemática.....	50
2.6 A gamificação no ensino e aprendizado da matemática e no aplicativo AlgebrAR	53
O APLICATIVO AlgebrAR	57
3.1 Desenvolvimento do aplicativo AlgebrAR.....	57
3.2 Descrição e funcionalidade do aplicativo AlgebrAR	57
METODOLOGIA	69
4.1 População de estudo	69
4.2 Tipo de pesquisa	70
4.3 Coleta de dados	70
4.4 Tratamento dos dados.....	76
RESULTADOS E DISCUSSÕES	78
CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS	99
APÊNDICE A	108
APÊNDICE B	109
APÊNDICE C	112
APÊNDICE D	115

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A disciplina de Matemática tem se mostrado desafiadora tanto para os docentes quanto para os discentes. A linguagem matemática (LMAT) é diferente da língua materna (LM), visto que a primeira é constituída por códigos formais e simbólicos, o que pode gerar uma certa confusão no aprendizado daqueles alunos que sentem dificuldades na disciplina, desmotivando-os. Gómez-Granell (2003) menciona que a linguagem matemática pode ser definida como um sistema simbólico, com símbolos próprios que se relacionam segundo determinadas regras que devem ser compreendidas pela comunidade que utiliza esses símbolos. A autora afirma que, uma vez que a matemática apresenta uma estrutura simbólica própria, se faz necessário que os estudantes a dominem e interpretem códigos e convenções particulares. Nesse sentido, compreender a matemática envolve não apenas habilidades operacionais, mas também competências linguísticas relacionadas à interpretação de estruturas simbólicas e à construção de significados a partir dessas estruturas.

Sob a perspectiva da linguística formal, a matemática pode ser considerada uma linguagem formal dotada de estrutura sintática e semântica própria. Partee, Meulen e Wall (1993) afirmam que a linguagem matemática constitui um sistema formal capaz de representar significados por meio de estruturas simbólicas rigorosamente definidas. Para esses autores, as ferramentas matemáticas são frequentemente utilizadas na linguística para modelar propriedades da língua, sobretudo no campo da semântica formal. Tal aproximação evidencia que a matemática e a linguística compartilham propriedades estruturais importantes, especialmente no que se refere à organização simbólica e à codificação do significado.

A disciplina da matemática é um componente curricular que oportuniza ferramentas poderosas para resolver problemas, os quais devem ser trabalhados desde cedo na escola para que os estudantes consigam aplicar os conhecimentos matemáticos em contextos variados. Assim, de acordo com o Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa (PNAIC – Brasil, 2014), o termo Letramento Matemático tem sido utilizado, sobretudo no que se refere às primeiras noções que uma criança tem acerca do conhecimento matemático, ou seja, a criança matematicamente letrada responde às demandas sociais do uso dos números. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC - Brasil, 2018) define o Letramento Matemático como as

competências e as habilidades de raciocinar, representar, comunicar e argumentar matematicamente, favorecendo o estabelecimento de conjecturas, a formulação e a resolução de problemas em vários contextos, utilizando conceitos e ferramentas matemáticas. Segundo Cecco e Bernardi (2023), o domínio do Letramento Matemático é essencial para a leitura e a interpretação dos problemas.

De acordo com Partee, Meulen e Wall (1993), a linguagem matemática é uma em meio a tantas outras linguagens formais que nos cercam. Os autores mencionam que tudo o que se faz com a linguagem matemática é passível de conversão para a língua materna, uma vez que a linguagem matemática possui conteúdo semântico formalmente codificado.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN - Brasil, 1997) destacam que discutir matemática, redigir textos com conclusões e compartilhar resultados, articulando elementos da língua materna e alguns símbolos matemáticos, constitui um conjunto de práticas essenciais para evitar que a linguagem matemática seja percebida pelos estudantes como um código incompreensível. Machado (2011) menciona que entre a linguagem matemática e a língua materna existe uma complementariedade e uma imbricação com o intuito de superar certas dificuldades com o aprendizado da matemática. O autor defende a articulação entre a língua materna e a linguagem matemática para que as dificuldades dos alunos em relação à matemática sejam superadas. No entanto, a presente pesquisa utiliza meios que irão contribuir para que a articulação entre a linguagem matemática e a língua materna seja realizada. Esses meios são as estratégias metacognitivas de leitura que estão contempladas em um aplicativo para dispositivos móveis, denominado AlgebrAR, com uso de Realidade Aumentada (RA) e elementos da gamificação, desenvolvido como recurso de apoio ao ensino e aprendizado da Álgebra. Destaca-se que alunos de uma escola da Rede Estadual de Pernambuco do nono ano do Ensino Fundamental (EF) usaram e avaliaram o AlgebrAR por meio de três questionários.

Dessa forma, ao utilizar o aplicativo de RA, os discentes terão a oportunidade de refletirem sobre os seus próprios conhecimentos, monitorando e autorregulando a sua compreensão, para que as estratégias metacognitivas sejam aplicadas em situações-problema de seu cotidiano, com o tema da Álgebra. Vale ressaltar que no aplicativo também está contemplada a linguagem semiótica para facilitar a compreensão das situações-problema. Leffa (1996) aponta que a metacognição da leitura trata o problema do monitoramento da compreensão feito pelo leitor durante a leitura.

Assim, propõe-se a seguinte questão que norteia a pesquisa:

- O uso de estratégias metacognitivas de leitura poderá contribuir para que haja uma melhor interação entre a linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica em situações-problema que envolvem a Álgebra em um aplicativo de RA?

As dificuldades dos estudantes na disciplina de matemática podem gerar um baixo rendimento escolar e um baixo rendimento nas avaliações externas, como o Sistema de Avaliação Educacional de Pernambuco (SAEPE). No Portal do SAEPE¹ é disponibilizada a Revista da Escola - Equipe Pedagógica Matemática (Pernambuco, 2023). Esta revista destaca a importância da avaliação externa em larga escala para a melhoria do processo educacional a partir do diagnóstico de seus resultados.

O SAEPE apresenta que, no ano de 2024², os alunos do nono ano do EF apresentam baixos índices de desempenho nos descritores relacionados ao tema da Álgebra (cf. Tabela 1). Ressalta-se que, até o presente momento, não estão disponíveis os resultados do SAEPE referente ao ano de 2025. Essa avaliação tem o objetivo de monitorar o desempenho dos estudantes da Educação Básica, produzindo informações sobre o grau de domínio dos discentes nas habilidades e competências consideradas essenciais, para que se proponham políticas públicas mais eficazes e adequadas às suas realidades. O SAEPE é aplicado nas seguintes séries da Educação Básica: segundo ano do EF, quinto ano do EF, nono ano do EF e terceiro ano do Ensino Médio. Os descritores com as respectivas habilidades que os estudantes precisam desenvolver estão relacionados a cada unidade temática contida na matriz de referência³, as quais são avaliadas nos testes padronizados de desempenho. Os resultados do SAEPE sugerem que os alunos sentem dificuldades no tema da Álgebra.

Tabela 1: Percentual de acertos por descritor dos alunos do 9º ano do EF na Rede Estadual de Pernambuco no ano de 2024, de acordo com resultados extraídos do SAEPE – Tema Álgebra.

SAEPE 2024 – Rede Estadual de Ensino		
Descritor	Habilidade	Percentual de acertos (%)
D30	Calcular o valor numérico de uma expressão algébrica	37
D31	Resolver problema que envolva equação do 2º grau	38
D32	Identificar a expressão algébrica que expressa uma regularidade observada em sequências de números ou figuras (padrões)	20
D33	Identificar uma equação ou inequação do 1º grau que expressa um problema	29

¹ Acesso em: <<https://avaliacaoemontoramentopernambuco.caeddigital.net/#!/sistema>>.

² Ressaltamos que esses resultados possuem acesso restrito aos profissionais da Educação da Rede Estadual de Pernambuco, mediante login e senha fornecidos pela Secretaria de Educação de Pernambuco.

³ Para detalhamento dos descritores e habilidades contidos na matriz de referência referente ao nono ano do Ensino Fundamental, acesse o site:

<<https://avaliacaoemontoramentopernambuco.caeddigital.net/#!/sistema>>.

D34	Identificar um sistema de equações do 1º grau que expressa um problema	53
D35	Identificar a relação entre as representações algébrica e geométrica de um sistema de equações do 1º grau	35

Fonte: <https://avaliacaoemontoramentopernambuco.caeddigital.net/#!/resultados>.

A Tabela 1 mostra que, no ano de 2024, nos descritores que envolvem o tema da Álgebra (D30, D31, D32, D33 e 35), os alunos apresentaram um desempenho abaixo de 50% (37%, 38%, 20%, 29% e 35% respectivamente). No descritor D34, os alunos apresentaram um desempenho de 53%. O desempenho se refere ao percentual de acertos de cada descritor.

Gil e Felicetti (2016) fizeram um levantamento nos resultados do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), também conhecido como Prova Brasil, do ano 2011, e concluíram que, de acordo com os critérios avaliativos, muitos alunos do nono ano do EF não possuem habilidades para a resolução de problemas que envolvem a Álgebra. As referidas autoras destacam que esses resultados indicam que os alunos têm dificuldades em: Identificar uma expressão algébrica que expressa uma regularidade observada em sequências e identificar uma equação ou uma inequação de primeiro grau que expressa um problema.

A Álgebra, que se constitui em relevante campo da matemática, tem sido abordada sob diferentes perspectivas teóricas, todas enfatizando a sua função na representação e análise de relações matemáticas. Nesse contexto, alguns autores destacam a dimensão simbólica e a capacidade de generalização da Álgebra, enquanto outros enfatizam sua função na produção de significados e na resolução de problemas escolares. Dante e Viana (2022a) afirmam que a Álgebra constitui um ramo da matemática voltado à análise das relações entre quantidades por meio do uso de símbolos, letras e expressões que representam números ou grandezas. Segundo os autores, as letras passam a indicar valores desconhecidos ou variáveis, o que possibilita a generalização de padrões e a representação de relações matemáticas em um nível mais abstrato. Os autores ressaltam, ainda, que a linguagem algébrica permite descrever regularidades, estabelecer regras e resolver problemas de modo mais abrangente do que a aritmética, a qual se baseia na manipulação de números específicos.

Segundo Costa e Huanca (2024), a atividade algébrica vai além da manipulação mecânica de símbolos, englobando processos de generalização e atribuição de significados às expressões matemáticas. Dessa forma, os autores ressaltam que a Álgebra contribui para o desenvolvimento do raciocínio abstrato e da capacidade de estabelecer relações entre diferentes representações matemáticas, favorecendo a compreensão e a resolução de problemas no contexto escolar.

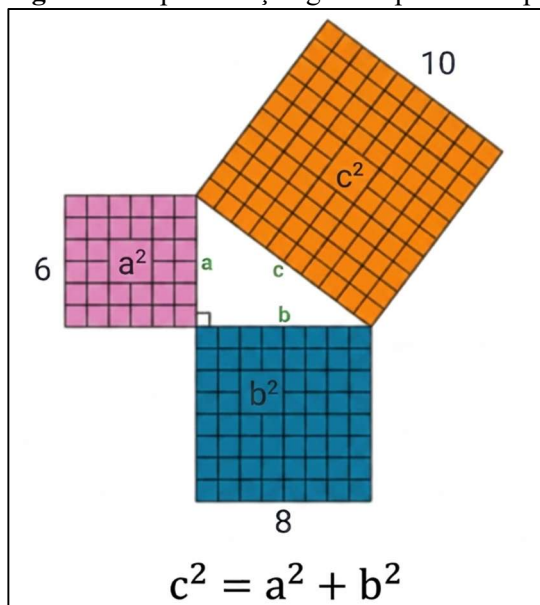
As dificuldades enfrentadas pelos estudantes no aprendizado da Álgebra podem estar relacionadas às representações algébricas e à compreensão de que uma letra está associada a um valor desconhecido. Essa limitação compromete a aplicação da linguagem algébrica em situações-problema, muitas vezes vinculadas ao cotidiano dos alunos. Oliveira e Roehrs (2023) mencionam que a linguagem algébrica, ou seja, o uso das variáveis como se fossem números, não é tão simples. Segundo os autores, algumas vezes os alunos sentem dificuldades em alguns conceitos algébricos como adicionar, subtrair e multiplicar variáveis, assim como entender os significados e os usos das variáveis. De acordo com os autores, é fundamental o entendimento desses conceitos pelos estudantes para que essa linguagem seja bem aplicada nas resoluções dos problemas.

A BNCC estabelece que a unidade temática Álgebra tem como finalidade o desenvolvimento do pensamento algébrico. Para alcançar esse objetivo, o documento ressalta a importância de os alunos identificarem padrões e regularidades em sequências numéricas e não numéricas, formularem leis matemáticas que expressem relações de interdependência entre diferentes grandezas, além de desenvolverem a habilidade de elaborar, interpretar e transitar entre variadas formas de representações gráficas e simbólicas. Dessa maneira, a BNCC afirma que os estudantes se tornam aptos a enfrentar e resolver problemas por meio de equações e inequações, compreendendo os procedimentos envolvidos. Em síntese, este documento orienta que o ensino da Álgebra deve enfatizar a construção de uma linguagem própria, o estabelecimento de generalizações, a análise das relações entre grandezas e a resolução de problemas utilizando equações ou inequações como instrumentos para a compreensão dos processos matemáticos.

Nessa perspectiva, Esteves e Britto (2025) mencionam que a linguagem algébrica corresponde ao conjunto de recursos ofertados para representar o pensamento algébrico, englobando representações gráficas e simbólicas que favorecem a formulação de equações ou inequações. Como exemplo, os autores mostram que a utilização de uma representação gráfica pode ampliar a compreensão da equação algébrica referente ao Teorema de Pitágoras (cf. Figura 1).

Segundo Dante e Viana (2022b), o Teorema de Pitágoras constitui uma relação fundamental entre as medidas dos lados dos triângulos retângulos. Esse teorema estabelece que, em todo triângulo retângulo, o quadrado da medida da hipotenusa é igual à soma dos quadrados das medidas dos catetos. Tal relação pode ser expressa pela equação: $c^2 = a^2 + b^2$, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1: Representação gráfica para a compreensão do Teorema de Pitágoras.



Fonte: Adaptado de Esteves e Britto (2025).

De acordo com a Figura 1, os quadrados coloridos laranja, rosa e azul representam, respectivamente, as regiões c^2 , a^2 e b^2 . Tais quadrados são construídos sobre os lados do triângulo retângulo, os quais são identificados pelas letras c , a e b , evidenciando a correspondência entre os elementos geométricos e a equação algébrica do Teorema de Pitágoras. Ao considerar que os lados dos quadrados menores que estão no interior das regiões c^2 (laranja), a^2 (rosa) e b^2 (azul) medem 1 unidade de comprimento, a contagem dessas unidades em relação a cada lado do triângulo permite determinar seus comprimentos. Desse modo, infere-se que a hipotenusa (correspondente ao lado oposto ao ângulo reto) possui 10 unidades de comprimento (correspondendo ao lado do quadrado da região laranja), enquanto os catetos medem 6 unidades de comprimento (correspondendo ao lado do quadrado da região rosa) e 8 unidades de comprimento (correspondendo ao lado do quadrado da região azul).

A correspondência entre as áreas dos quadrados (regiões c^2 , a^2 e b^2) e os lados do triângulo retângulo confirma a validade da equação que expressa o Teorema de Pitágoras: $c^2 = a^2 + b^2$ da seguinte maneira: na Figura 1, observa-se que a área da região laranja mede 100 unidades de área, uma vez que $10^2 = 100$; a área da região rosa mede 36 unidades de área, pois $6^2 = 36$ e a área da região azul mede 64 unidades de área, visto que $8^2 = 64$. Ao substituir esses valores numéricos na equação do Teorema de Pitágoras, obtém-se: $100 = 36 + 64$. Essa dedução decorre da análise visual da construção geométrica da referida figura, a qual favorece o entendimento da relação entre os elementos geométricos e algébricos envolvidos.

A Figura 1 merece destaque por mostrar como a linguagem algébrica pode ser enriquecida por meio de uma representação gráfica para favorecer a compreensão do Teorema de Pitágoras. Esse tipo de recurso é especialmente relevante para os alunos que apresentam dificuldades na Álgebra, pois a representação gráfica pode atuar como mediadora entre o pensamento abstrato e a experiência concreta. Ao visualizar elementos geométricos e algébricos de forma simultânea, como apresentados na Figura 1, o estudante pode perceber melhor as relações entre eles, contribuindo, assim, para a sua compreensão e para a construção de significados no processo de aprendizagem.

A justificativa da presente pesquisa está em função dos alunos que têm dificuldades no aprendizado da matemática. A LMAT, por ser constituída por códigos formais e simbólicos, é diferente da LM. Com o propósito de amenizar essas dificuldades e facilitar o ensino e aprendizagem, propõe-se utilizar estratégias metacognitivas de leitura para que seja feita uma melhor interação entre a LMAT, LM e linguagem semiótica. Assim, foi desenvolvido um aplicativo para dispositivos móveis com o uso de Realidade Aumentada, denominado AlgebrAR, com o tema da Álgebra, como apoio ao ensino e aprendizado. As estratégias metacognitivas estão contempladas neste aplicativo visando uma melhor interação entre a LMAT, LM e linguagem semiótica.

Ainda em se tratando de SAEPE 2024, em relação ao tema Grandezas e Medidas, a Tabela 2 mostra que os alunos do nono do Ensino Fundamental da Rede Estadual de Ensino apresentaram baixo índice de desempenho no descritor D12, referente ao cálculo de perímetro de figuras planas, com percentual de acerto de 35%. Quanto aos descritores D13 e D14, que tratam, respectivamente, do cálculo de área de figuras planas e volume de sólidos geométricos, observa-se que os estudantes alcançaram 50% de acertos em ambos os casos.

Tabela 2: Percentual de acertos por descritor dos alunos do 9º ano do EF na Rede Estadual de Pernambuco no ano de 2024, de acordo com resultados extraídos do SAEPE – Tema Grandezas e Medidas.

SAEPE 2024 – Rede Estadual de Ensino		
Descritor	Habilidade	Percentual de acertos (%)
D12	Resolver problema envolvendo o cálculo de perímetro de figuras planas	35
D13	Resolver problema envolvendo área de figuras planas	50
D14	Resolver problema envolvendo noções de volume	50

Fonte: <https://avaliacaoemontoramentopernambuco.caeddigital.net/#!/resultados>.

O AlgebrAR contempla conceitos da Álgebra em suas atividades, como soma e multiplicação de monômios, assim como construção de expressões algébricas. Os dados apresentados nas Tabelas 1 e 2 motivaram o uso de RA no aplicativo como apoio ao aprendizado da Álgebra. Ao usar a RA, os estudantes terão uma visualização tridimensional (3D) dos sólidos geométricos e dos elementos que os compõem, como arestas e suas medidas algébricas, faces e vértices dos sólidos, em situações que envolvem Álgebra. Um aspecto a destacar no AlgebrAR é o uso de estratégias metacognitivas para uma melhor interação entre a LMAT, LM e linguagem semiótica.

As arestas dos sólidos que estão representados em RA no AlgebrAR estão disponibilizadas em medidas algébricas. No aplicativo são abordados conteúdos de Geometria Plana e Espacial no que diz respeito a áreas de figuras planas e volumes de sólidos geométricos. Tais conteúdos estão presentes nos problemas que o aplicativo contempla, onde são abordados conceitos da Álgebra, como soma e multiplicação de monômios.

A autora desta pesquisa contribuiu no desenvolvimento de quatro aplicativos para o apoio ao ensino e aprendizado da matemática:

1. Uma aplicação gamificada (Buarque, 2023; Buarque *et al.*, 2024) com contribuições da proponente da presente pesquisa, com o tema da Álgebra, mais especificamente equações do 1º e 2º grau, para alunos de nono ano do EF. A aplicação foi concebida considerando aspectos de usabilidade e oferece revisões, desafios e jogos matemáticos interativos, visando melhorar o processo de aprendizagem da matemática;
2. Um jogo digital (Soares, 2023; Soares, Rabello e Madeiro, 2024) com contribuições da proponente da presente pesquisa, com o tema da Aritmética, mais especificamente as operações: adição, subtração, multiplicação, divisão e potenciação, para alunos de nono ano do EF. Este jogo foi desenvolvido com o intuito de apoiar o ensino das operações aritméticas;
3. Um jogo digital (Amorim, 2023; Amorim, Rabello e Madeiro, 2024) com contribuições da proponente da pesquisa, com o tema da Álgebra, mais especificamente sistemas de equações do 1º grau, para alunos do nono ano do EF;
4. Um aplicativo (Lin, 2025) com contribuições da proponente da pesquisa, com o tema da Aritmética, mais especificamente as diferentes representações dos números racionais e operações com números inteiros, para alunos de nono ano do EF.

Vale ressaltar que a escolha dos temas para os quatro referidos aplicativos foi baseada nos dados do SAEPE. Buarque (2023) e Buarque *et al.* (2024) se basearam nos resultados do nono ano do EF da Rede Estadual de Ensino no ano de 2021 (cf. Tabela 3); Soares (2023) e

Soares, Rabello e Madeiro (2024) se basearam nos resultados do nono ano do EF das Redes Municipal e Estadual de Ensino no ano de 2021 (cf. Tabela 4); Amorim (2023) e Amorim, Rabello e Madeiro (2024) se basearam nos resultados do nono ano do EF da Rede Estadual de Ensino do ano de 2022 (cf. Tabela 5), e Lin (2025) se baseou nos resultados do nono ano do EF da Rede Estadual de Ensino do ano de 2022 (cf. Tabela 6).

Embora os trabalhos supracitados tenham explorado a gamificação nos aplicativos desenvolvidos para apoiar o ensino da Aritmética e da Álgebra, o presente trabalho avança na investigação ao estabelecer as estratégias metacognitivas de leitura como o eixo central da interface. Enquanto os aplicativos anteriores priorizavam a mecânica do jogo e a Aritmética/Álgebra, este estudo prioriza o processo linguístico de decodificação algébrica. Nesse sentido, o AlgebrAR surge não apenas como mais uma ferramenta de apoio, mas configura-se como uma resposta específica às dificuldades de interpretação matemática ao utilizar estratégias metacognitivas de leitura para uma melhor interação entre as três linguagens (LMAT, LM e linguagem semiótica).

Tabela 3: Percentual de acertos dos descritores que envolvem a Álgebra dos alunos do 9º ano do EF na Rede Estadual de Pernambuco no ano de 2021, de acordo com resultados extraídos do SAEPE.

SAEPE 2021 – Rede Estadual de Ensino		
Descritor	Habilidade	Percentual de acertos (%)
D29	Identificar uma equação ou inequação do 1º grau que expressa um problema	30
D30	Resolver problema que envolva equação do 1º grau	33
D31	Identificar a equação do 2º grau que expressa um problema	35
D32	Resolver problema que envolva equação do 2º grau	30
D33	Identificar a expressão algébrica que expressa uma regularidade observada em sequências de números ou figuras (padrões)	30
D34	Identificar um sistema de equações do 1º grau que expressa um problema	45

Fonte: <<https://avaliacaoemontoramentopernambuco.caeddigital.net/#!/resultados>>.

Tabela 4: Percentual de acertos do descritor D20 dos alunos do 9º ano do EF nas Redes Municipal e Estadual de Pernambuco no ano de 2021, de acordo com resultados extraídos do SAEPE.

SAEPE 2021 – Redes Municipal e Estadual de Ensino			
Descritor	Habilidade	Percentual de acertos (%)	
		Rede Municipal	Rede Estadual
D20	Resolver problema com números inteiros envolvendo as operações (adição, subtração, multiplicação, divisão, potenciação)	24	26

Fonte: <<https://avaliacaoemontoramentopernambuco.caeddigital.net/#!/resultados>>.

Tabela 5: Percentual de acertos do descritor D34 dos alunos do 9º ano do EF na Rede Estadual de Pernambuco no ano de 2022, de acordo com resultados extraídos do SAEPE.

SAEPE 2022 – Rede Estadual de Ensino		
Descritor	Habilidade	Percentual de acertos (%)
D34	Identificar um sistema de equações do 1º grau que expressa um problema	41

Fonte: <<https://avaliacaoemonitoramentopernambuco.caeddigital.net/#!/resultados>>.

Tabela 6: Percentual de acertos dos descritores D18 e D21 dos alunos do 9º ano do EF na Rede Estadual de Pernambuco no ano de 2022, de acordo com resultados extraídos do SAEPE.

SAEPE 2022 – Rede Estadual de Ensino		
Descritor	Habilidade	Percentual de acertos (%)
D18	Efetuar cálculos com números inteiros, envolvendo as operações (adição, subtração, multiplicação, divisão, potenciação)	19
D21	Reconhecer as diferentes representações de um número racional	45

Fonte: <<https://avaliacaoemonitoramentopernambuco.caeddigital.net/#!/resultados>>.

Percebe-se que, diante das tabelas supracitadas, as habilidades referentes às temáticas, Álgebra e Aritmética, mostraram-se com um rendimento abaixo de 50%, que corresponde ao percentual de itens acertados pelos estudantes.

A BNCC menciona que, em decorrência do avanço das tecnologias de informação e comunicação e do crescente acesso a elas pela maior disponibilidade de ferramentas, como computadores, celulares e tablets, os estudantes estão cada vez mais engajados a essa cultura digital. De acordo com a BNCC, o uso das tecnologias digitais pode facilitar a compreensão dos estudantes nos conteúdos matemáticos.

A realização desta pesquisa visa trazer contribuições ao ensino e aprendizagem da matemática, tais como apresentar à comunidade escolar, assim como à comunidade da Educação Matemática, um produto tecnológico, ou seja, um aplicativo para dispositivo móvel com uso de RA e elementos da gamificação que pode contribuir com o ensino e aprendizado da matemática. Esta pesquisa também visa trazer contribuições no âmbito da linguística, ao contemplar estratégias metacognitivas de leitura em um aplicativo de RA, para uma melhor interação entre a LMAT, LM e linguagem semiótica.

Nesta pesquisa, a noção de interação entre LMAT, LM e linguagem semiótica é compreendida como um processo de mediação linguístico-discursiva por meio do qual o estudante mobiliza diferentes sistemas de representação para interpretar e resolver situações-problema matemáticas. Tal interação envolve a articulação entre três dimensões complementares: (i) a dimensão simbólica da linguagem matemática, constituída por

expressões algébricas, símbolos e relações formais; (ii) a dimensão verbal da língua materna, responsável pela organização textual do enunciado do problema e pela construção do raciocínio explicativo; e (iii) a dimensão semiótica multimodal, composta por representações visuais, gráficas e espaciais que contribuem para a construção de significados. Assim, compreender um problema matemático não se limita à manipulação de símbolos algébricos, mas envolve processos linguísticos e cognitivos de interpretação, inferência e tradução entre diferentes registros de representação.

Considerando a articulação entre LMAT, LM e linguagem semiótica, no âmbito das Ciências da Linguagem, a resolução de problemas matemáticos pode ser compreendida como uma prática discursiva específica, na qual o estudante realiza operações de leitura, interpretação e reformulação semântica. A leitura de um problema matemático exige a identificação de relações semânticas, a interpretação de estruturas sintáticas e a construção de inferências que permitam traduzir o enunciado verbal em representações matemáticas formais. Nesse sentido, o processo de resolução de problemas envolve operações linguísticas complexas, como a identificação de relações causais, condicionais e quantitativas presentes no texto do problema, o que evidencia a importância de considerar os aspectos linguísticos e discursivos no ensino da matemática (Duval, 2003; Hockett, 1968; Machado, 2011; Partee; Meulen; Wall, 1993).

Nesse sentido, a presente pesquisa tem por objetivo investigar se o uso de estratégias metacognitivas de leitura irá contribuir para uma melhor interação entre a LMAT, LM e linguagem semiótica em situações-problema envolvendo a Álgebra, utilizando, para tanto, um aplicativo de Realidade Aumentada como ferramenta de apoio ao ensino e aprendizado. Como objetivos específicos: apresentar aos alunos do nono ano do Ensino Fundamental um aplicativo de RA com estratégias metacognitivas de leitura para uma melhor interação entre LMAT, LM e linguagem semiótica em situações-problema envolvendo a Álgebra; introduzir elementos da linguagem semiótica, como imagens, cores e áudios com o propósito de facilitar a compreensão das atividades do aplicativo.

Assim, será testada a seguinte hipótese:

- Os alunos do nono ano do Ensino Fundamental sentem dificuldades no aprendizado da Álgebra, especialmente na compreensão da LMAT, e o uso de estratégias metacognitivas de leitura poderá contribuir para que haja uma melhor interação entre a LMAT, LM e linguagem semiótica.

O restante da tese está organizado em cinco capítulos. Após este Capítulo 1, o Capítulo 2 contempla a Fundamentação Teórica, na qual são abordadas as estratégias metacognitivas de leitura no ensino e aprendizado da matemática, as estratégias metacognitivas no ensino da

álgebra, a linguagem matemática e língua materna como um caminho para o letramento matemático, as contribuições da semiótica para o ensino da matemática, o uso de ferramentas tecnológicas como apoio ao ensino e aprendizado da matemática, além da gamificação no ensino e aprendizado da matemática e no AlgebrAR. O Capítulo 3 é dedicado ao aplicativo AlgebrAR, abordando o desenvolvimento do aplicativo, assim como sua descrição e funcionalidade, além das estratégias metacognitivas de leitura presentes no aplicativo. No Capítulo 4 são detalhados os procedimentos metodológicos adotados, incluindo a população de estudo, o tipo de pesquisa e como ocorreu a coleta e tratamento dos dados. O Capítulo 5 apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação dos três questionários de avaliação junto aos estudantes, seguidos das respectivas discussões. Por fim, o Capítulo 6 reúne as considerações finais destacando as principais conclusões a respeito do presente trabalho e apontando perspectivas de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A presente pesquisa fundamenta-se em três eixos teóricos principais que dialogam de forma interdisciplinar: (i) as estratégias metacognitivas de leitura, oriundas da Linguística Aplicada; (ii) as abordagens da semiótica aplicadas aos processos de ensino e aprendizado da matemática; (iii) a Teoria dos Registros de Representação Semiótica no aprendizado da Álgebra. A articulação entre esses três eixos permite compreender o aprendizado da matemática como um fenômeno que envolve simultaneamente processos cognitivos, linguísticos e semióticos.

Neste capítulo, serão apresentadas pesquisas que relacionam as estratégias metacognitivas de leitura no ensino e aprendizado da matemática, assim como discutidas as estratégias metacognitivas no ensino da Álgebra. Serão explorados aspectos importantes do Letramento Matemático bem como as contribuições da semiótica para o ensino da matemática. O capítulo também aborda o uso de ferramentas tecnológicas como apoio ao ensino e aprendizado da matemática, além da gamificação no ensino e aprendizado da matemática e no AlgebrAR, proposta pedagógica que busca promover o engajamento dos discentes, no ensino e aprendizado da matemática e nas atividades contempladas pelo aplicativo.

2.1 Estratégias metacognitivas de leitura no ensino e aprendizado da matemática

A Tabela 7 apresenta um levantamento de trabalhos relacionados com o tema estratégias metacognitivas de leitura no ensino e aprendizado da matemática, publicados nos últimos cinco anos. O total é de vinte e seis trabalhos (nove nacionais e dezessete internacionais), ordenados cronologicamente. A seguir, são apresentadas as discussões a respeito dos estudos selecionados.

Tabela 7: Trabalhos que envolvem as estratégias metacognitivas no ensino e aprendizado da matemática.

AUTORIA	OBJETIVO DO ESTUDO	PÚBLICO ALVO
Di Leo; Muis (2020)	O objetivo foi apresentar uma intervenção chamada <i>Cognitive-Emotional Strategy Training</i> (CEST), desenvolvida para ensinar alunos estratégias de	Alunos do Ensino Fundamental II

	aprendizagem autorregulada nas resoluções de problemas matemáticos	
Amal; Mahmudi (2020)	O estudo explorou as estratégias metacognitivas aplicadas no ensino da matemática para melhorar a autoeficácia dos alunos	-
Masduki; Kholid; Khotimah (2020)	O estudo investigou a capacidade de resolução de problemas matemáticos dos alunos e suas respostas ao usar estratégias metacognitivas	Alunos do Ensino Superior
Venancio (2020)	O objetivo foi analisar as manifestações do pensamento metacognitivo de estudantes ao interagirem com o jogo educacional denominado A Fazendinha Matemática, que contempla o tema das operações aritméticas	Alunos do Ensino Fundamental II
Zamora; Ruiz (2021)	O objetivo foi analisar as características no emprego de estratégias de aprendizagem, incluindo as metacognitivas, por estudantes mexicanos, em matemática, identificando variações em função do curso acadêmico e do gênero	Alunos do Ensino Superior
Sain; Kusum (2021)	O objetivo foi investigar como o mapeamento mental pode ser utilizado em uma abordagem metacognitiva para melhorar o desempenho dos estudantes do ensino da matemática	Alunos do Ensino Médio
Santos; Oliveira; Saad (2021)	O estudo investigou e analisou os conceitos e interfaces da metacognição e das estratégias metacognitivas no ensino e na aprendizagem da matemática visando favorecer a aprendizagem e priorizar a reflexão sobre a construção do conhecimento	Professores do Ensino Fundamental I
Aydın; Dinçer (2022)	O objetivo foi explorar as manifestações do conhecimento metacognitivo das crianças durante as interações entre pares nas	Crianças da Educação Infantil

	atividades matemáticas de medição	
Chan; Ottmar; Lee (2022)	O estudo investigou como o tempo de pausa antes de resolver problemas de Álgebra está relacionado à eficiência das estratégias metacognitivas utilizadas pelos alunos	Alunos do Ensino Médio
Wang <i>et al.</i> (2022a)	O estudo investigou as características metacognitivas dos estudantes chineses que apresentaram alta eficiência na aprendizagem matemática comparando-os com alunos de baixa eficiência	Alunos do Ensino Médio
Wang <i>et al.</i> (2022b)	O estudo desenvolveu e aplicou um sistema inteligente de avaliação da metacognição, propondo um modelo que permitiu diagnosticar o nível de metacognição matemática dos alunos	Alunos do Ensino Fundamental II
Tay <i>et al.</i> (2023)	O estudo investigou a relação entre metacognição e o desempenho dos alunos em matemática, analisando três principais componentes: conhecimento metacognitivo, regulação e experiências	-
Santana (2023)	O objetivo foi analisar se as estratégias metacognitivas na resolução de problemas sobre o Teorema de Pitágoras contribuiu para promover uma aprendizagem significativa	Alunos do Ensino Fundamental II
Rabello <i>et al.</i> (2023)	O estudo apresentou um aplicativo desenvolvido para dispositivos móveis, denominado FraçãoTeen, em que foram utilizadas estratégias metacognitivas de leitura para o ensino-aprendizado das frações	Professores de Matemática e de Língua Portuguesa
Castro; Almeida (2023)	O estudo investigou o potencial da modelagem matemática para promover estratégias metacognitivas entre os estudantes	Alunos do Ensino Superior
Santos; Oliveira; Santos (2023)	O objetivo foi identificar e caracterizar estratégias	-

	metacognitivas para o ensino e aprendizagem de matemática, utilizando a História da Matemática como abordagem pedagógica	
Michalsky; Bakrish (2024)	O estudo avaliou se a intervenção metacognitiva contribui para o desempenho em leitura e em matemática nos ambientes digitais	Alunos do Ensino Fundamental II
Okumus; Oztürk (2024)	O objetivo foi desenvolver uma nova técnica de ensino baseada em planejamento e monitoramento metacognitivo para o ensino de Álgebra	Alunos do Ensino Médio
Zhang; Lian (2024)	O objetivo foi investigar como as estratégias metacognitivas de leitura influenciam a eficiência e o desempenho na aprendizagem da matemática	Alunos do Ensino Médio
Li (2024)	O estudo analisou como as estratégias metacognitivas podem ser aplicadas de maneira eficaz no ensino da matemática, investigando a importância dessas estratégias para melhorar o desempenho dos alunos, fortalecer o pensamento matemático e aumentar sua confiança na aprendizagem	Alunos do Ensino Médio
Braun; Silva; Moura-Silva (2024)	O objetivo foi mapear a produção científica sobre metacognição na matemática, publicada no Encontro Nacional de Educação Matemática, no período de 1987 a 2022	-
Zhu; Huang; Xu (2025)	O estudo investigou como as estratégias metacognitivas influenciaram o desempenho dos alunos em tarefas de modelagem matemática	Alunos do Ensino Médio
Fu; Qi (2025)	O estudo investigou a relação entre habilidades metacognitivas e o desempenho em matemática de estudantes chineses	Alunos do Ensino Fundamental II
Sjuts (2025)	O estudo analisou as aulas de matemática e a pesquisa em didática da matemática, partindo da perspectiva de	-

	que a metacognição é possível	
Quartieri; Guadagnin; Bianchini (2025)	O estudo investigou quais elementos metacognitivos surgem em uma prática pedagógica voltada ao desenvolvimento do pensamento geométrico	Alunos do Ensino Fundamental I
Braz Sobrinho <i>et al.</i> (2025)	O estudo analisou como metodologias pedagógicas, incluindo a abordagem metacognitiva, podem fomentar habilidades de resolução de problemas matemáticos nos estudantes	-

Fonte: A autora.

A estratégia metacognitiva de leitura é um recurso que pode potencializar a aprendizagem da matemática, por promover nos alunos o monitoramento e a autorregulação da compreensão, além de estimular o aperfeiçoamento da percepção sobre a sua própria aprendizagem em torno de um determinado tema. Okumus e Oztürk (2024) destacam que o uso de estratégias metacognitivas permite aos alunos desenvolverem consciência sobre seus próprios processos de aprendizagem, favorecendo a escolha de abordagens mais eficazes para resolver equações e problemas algébricos. A metacognição tem ganhado importância na construção do conhecimento matemático, uma vez que permite ao aluno refletir sobre o seu próprio conhecimento, direcionando este conhecimento de forma consciente para um melhor aprendizado dos conteúdos matemáticos.

Segundo Flavell (1976, 1979), Brown ([1980], 2017), Leffa (1996) e Marini (2006), a metacognição é definida como o conhecimento ou atividade cognitiva que tem como seu objeto a cognição ou que regula qualquer aspecto da iniciativa cognitiva. Flavell (1979) utiliza o termo “metacognição” porque seu sentido é a “cognição acerca da cognição”, ou seja, “pensar sobre o pensamento”. Esses estudos demonstram que uma aprendizagem bem sucedida depende da capacidade do sujeito de monitorar e autorregular seus próprios processos cognitivos. No contexto da leitura, estratégias metacognitivas permitem que o leitor planeje, monitore e avalie sua compreensão textual (Leffa, 1996; Solé 1998). Quando aplicadas ao ensino da matemática, tais estratégias contribuem para que os estudantes desenvolvam maior consciência sobre os procedimentos utilizados na resolução de problemas e sobre as relações entre as diferentes representações envolvidas na atividade da matemática.

De acordo com Solé ([1998], 2012), a leitura é uma atividade cotidiana para buscar informações. No caso da matemática, a leitura pode ser explorada durante as aulas, tendo em vista ser uma importante ferramenta para resolver situações-problema; ampliar e construir conceitos e interpretar teoremas, gráficos e tabelas. Em relação à disciplina de matemática, Santos, Oliveira e Saad (2021) ressaltam que a aprendizagem da matemática através de estratégias metacognitivas é uma possibilidade de o aluno desenvolver um conhecimento das estratégias específicas necessárias nas diferentes situações de aprendizagem, problematização e cálculos, com o intuito de controlar de maneira autônoma a sua própria aprendizagem.

Rabello *et al.* (2023) apresentaram um aplicativo para dispositivos móveis, denominado FraçãoTeen, com o objetivo de facilitar o ensino e aprendizado das frações contemplando estratégias metacognitivas de leitura para contribuir na interação entre a linguagem matemática e a língua materna. A presente pesquisa utiliza as estratégias metacognitivas em um aplicativo de RA com o tema da Álgebra. Amal e Mahmudi (2020) demonstraram que o uso sistemático de estratégias metacognitivas contribui para o fortalecimento da autonomia dos estudantes, fomentando uma postura ativa frente às demandas das atividades de matemáticas. Essa ideia é corroborada por Fu e Qi (2025), que verificaram uma correlação positiva entre habilidades metacognitivas e desempenho em matemática, especialmente em estudantes do EF.

Michalsky e Bakrish (2024) e Zhang e Lian (2024) abordam prioritariamente a relação entre a língua materna e as estratégias metacognitivas de leitura para o sucesso na resolução de problemas matemáticos. Em ambos os estudos, o monitoramento do texto em língua materna é tratado como o principal processo para a decodificação das informações do problema, compreendendo a leitura como o passo inicial para o desempenho matemático. O trabalho de Rabello *et al.* (2023) já introduz a relevância da linguagem semiótica nesse processo. A presente pesquisa, por meio do AlgebrAR, amplia essa perspectiva ao possibilitar que o estudante transite entre diferentes formas de representações relacionadas ao tema da Álgebra, ao utilizar a LMAT, a LM e a linguagem semiótica, inclusive com a visualização tridimensional em RA, que também é um elemento da semiótica.

No que se refere ao desenvolvimento metacognitivo desde as primeiras etapas escolares, Aydin e Dinçer (2022) evidenciaram as crianças são capazes de expressar consciência metacognitiva durante atividades matemáticas, indicando, por exemplo, compreensão de seus próprios erros e a adoção de estratégias de correção. Outro eixo relevante é o estudo das estratégias metacognitivas em contextos de resolução de problemas e modelagem matemática. Castro e Almeida (2023) mostraram que, durante atividades de modelagem, os estudantes desenvolveram práticas metacognitivas como verificação de soluções e revisão crítica dos

procedimentos adotados. Os autores mencionaram que ambientes de modelagem matemática se configuram como contextos ricos em metacognição, pois demandam que os estudantes “pensem sobre o próprio pensar” em cada fase da atividade.

Braz Sobrinho *et al.* (2025) destacaram a importância da metacognição para o desenvolvimento das habilidades dos estudantes em ambientes colaborativos nas resoluções de problemas matemáticos. Segundo Chan, Ottmar e Lee (2022), o ato de pausar antes de iniciar a resolução de um problema de matemática pode ser entendido como uma evidência de estratégias metacognitivas em ação. Os autores sugerem que, nesse momento de pausa, é como se o estudante dissesse internamente: “Deixa eu pensar antes de agir.” De acordo com os autores, esse tempo dedicado ao planejamento prévio contribui para uma resolução mais eficiente dos problemas propostos.

A formação docente e as práticas pedagógicas também podem ser guiadas por reflexões metacognitivas. Braun, Silva e Moura-Silva (2024) realizam uma análise longitudinal das pesquisas sobre metacognição na Educação Matemática no Brasil, revelando uma trajetória teórica marcada por avanços conceituais e metodológicos. De acordo com os autores, a metacognição permite que os alunos usem a criatividade em sala de aula, motivando-os em aprender, enquanto, ao mesmo tempo, mostra ao professor as etapas que o discente precisa ultrapassar para desenvolver a sua própria aprendizagem. Li (2024) enfatiza o papel do professor como agente central na implementação das estratégias metacognitivas no ensino da matemática, especialmente no ensino médio (EM).

A presença da metacognição em ambientes digitais e tecnológicos tem se mostrado promissora. Venancio (2020) analisou as manifestações do pensamento metacognitivo de estudantes, na Educação Infantil, quando submetidos a uma situação de aprendizagem matemática mediada por um jogo educacional digital, chamado A Fazendinha Matemática. O autor sugere que as escolas devem incentivar realização de atividades que favoreçam o uso de recursos como jogos educacionais digitais que contribuam para explorar estratégias metacognitivas em seus estudantes. Rabello *et al.* (2023), ao apresentarem o aplicativo FraçãoTeen, revelaram que as estratégias metacognitivas presentes no aplicativo podem trazer contribuições para o processo de ensino-aprendizagem, além de poderem contribuir para aumentar a motivação e o engajamento dos alunos no âmbito da temática das frações.

Chan, Ottmar e Lee (2022) utilizaram uma tecnologia educacional chamada *From Here to There!* (FH2T), um jogo digital interativo voltado para o ensino da Álgebra, que promove o desenvolvimento de habilidades metacognitivas ao possibilitar que os alunos explorem diferentes estratégias de resolução dos problemas, reflitam sobre suas escolhas e aprendam com

os erros, em um ambiente digital gamificado. O estudo mostrou que um tempo de pausa maior está associado a menos erros, menos tentativas e a possibilidade de um sucesso na primeira tentativa, reforçando a ideia de que pensar antes de agir leva a uma resolução mais estratégica. Os autores analisam, no aplicativo desenvolvido, a metacognição como conceito teórico, criando condições para os estudantes praticarem comportamento metacognitivo de forma implícita, mas não utiliza estratégias metacognitivas de forma explícita. A presente pesquisa utiliza estratégias metacognitivas em um aplicativo de RA para o ensino e aprendizado da Álgebra.

Técnicas voltadas ao uso e análise de estratégias metacognitivas vêm ganhando espaço nas práticas pedagógicas. Sain e Kusum (2021) propõem a utilização de mapas mentais como instrumentos metacognitivos para melhorar o desempenho matemático. Os autores mencionam que a construção de mapas mentais exige que o estudante organize ideias, conecte conceitos e monitore seu raciocínio fortalecendo o pensamento lógico e a autorregulação. Segundo os autores, ao usar mapas mentais, os alunos são incentivados a refletir sobre como estão aprendendo, o que sabem e o que precisam revisar, promovendo uma aprendizagem mais consciente e eficaz. Segundo os autores, os mapas mentais são uma estratégia metacognitiva poderosa ao estimular o pensamento crítico e ajudar os alunos a se tornarem mais conscientes de seus processos de aprendizagem. Zhu, Huang e Xu (2025) empregaram uma metodologia computacional avançada, chamada *Epistemic Network Analysis* (ENA), para investigar as estratégias metacognitivas utilizadas pelos estudantes. A ENA é uma técnica de análise de dados que permite visualizar e quantificar as conexões entre elementos cognitivos e metacognitivos usado para mapear como os estudantes usavam estratégias metacognitivas durante tarefas de modelagem matemática em grupo.

Observa-se uma convergência nos trabalhos recentes quanto à eficácia das estratégias metacognitivas para minimizar as dificuldades de interpretação na matemática. A presente pesquisa se alinha às contribuições de Masduki, Kholid e Khotimah (2020), Santos, Oliveira e Saad (2021), Zhang e Lian (2024) e Li (2024), ao considerar que o monitoramento da leitura e a reflexão sobre o próprio conhecimento constituem aspectos relevantes para a resolução de problemas. Contudo, nota-se que a maioria dessas pesquisas se concentra em suportes tradicionais, como mapeamentos mentais ou plataformas digitais bidimensionais. Nesse contexto, a presente pesquisa amplia essa discussão ao integrar a Realidade Aumentada como um suporte semiótico tridimensional. Por meio do AlgebrAR, busca-se mobilizar as estratégias metacognitivas associadas a estímulos visuais, oferecendo aos estudantes um apoio adicional à compreensão da temática.

Em relação ao tema Geometria, os estudos de Quartieri, Guadagnin e Bianchini (2025) apontam que a metacognição potencializa o aprendizado geométrico, tornando os alunos mais conscientes de seus processos de aprendizado. Segundo os autores, os discentes não apenas aprendem sobre formas e sólidos, mas também aprendem a aprender, o que fortalece a autonomia e o pensamento crítico dos alunos do EF. Em relação ao Teorema de Pitágoras, Santana (2023) evidencia que o uso de estratégias metacognitivas foi essencial para promover uma aprendizagem significativa, na qual os alunos não apenas resolveram problemas matemáticos, mas também refletiram sobre seus próprios processos de aprendizagem, fortalecendo a compreensão conceitual. A autora destaca que a metacognição foi usada como uma ponte entre o conteúdo matemático e a consciência do estudante acerca de como se aprende, contribuindo não apenas para a compreensão do Teorema de Pitágoras, mas também para o desenvolvimento da autonomia, do pensamento crítico e da capacidade de resolver problemas em contextos diversos.

No que diz respeito à Álgebra, Okumus e Oztürk (2024) mostraram os efeitos positivos do treinamento metacognitivo no ensino da Álgebra para estudantes do EM. Os autores mencionam que a metacognição é um conceito importante nas pesquisas em Educação Matemática e que os alunos do EM na Turquia obtiveram êxito tanto na aprendizagem da matemática em geral quanto da Álgebra em particular por meio da aplicação de estratégias metacognitivas.

Santos, Oliveira e Saad (2021) afirmam que as estratégias metacognitivas são importantes na construção da autonomia intelectual e na capacidade de resolução de problemas matemáticos pois, ao serem integradas ao processo de ensino, essas estratégias contribuem para o desenvolvimento de uma postura investigativa, reflexiva e crítica diante da matemática. Os autores ressaltam, ainda, que a metacognição, apoiada nos estudos da Psicologia da Educação Matemática, pode ser utilizada como um mecanismo de aprendizagem, estimulando o aluno a refletir e a raciocinar sobre os caminhos que irá percorrer na execução de uma atividade, contribuindo para a aprendizagem matemática já nos primeiros anos de escolaridade. Nesta perspectiva, o aplicativo AlgebrAR materializa essa proposta por proporcionar ao estudante um ambiente no qual ele não apenas resolve desafios algébricos, mas é constantemente convidado a monitorar e autorregular sua própria compreensão por meio de estratégias metacognitivas de leitura.

2.2 Estratégias metacognitivas de leitura no ensino da Álgebra

De acordo com os resultados do SAEPE de 2024, os alunos do nono ano do Ensino Fundamental da Rede Estadual de Pernambuco vêm apresentando baixos índices de desempenho no tema da Álgebra; desde o conceito às aplicações desse tema em situações-problema. Pires e Rodriguês (2020) mencionam que a introdução dos conhecimentos algébricos é um dos momentos em que os estudantes sentem dificuldades em virtude da linguagem simbólica. Silva (2023) aponta que existe dificuldade dos alunos no entendimento da Álgebra, visto que a linguagem algébrica possui símbolos como elementos abstratos. Lima, Melo filho e Melo (2023) identificaram, nos resultados dos seus estudos, dificuldades dos estudantes no aprendizado da Álgebra e no manuseio das expressões algébricas.

É importante mostrar aos estudantes como a Álgebra pode estar inserida no cotidiano das pessoas para que eles possam entender a sua aplicabilidade. Rodrigues (2021) destacou que os alunos enxergam a Álgebra como um aglomerado de números e variáveis sem nenhuma função ou utilidade. De acordo com Pereira e Sandmann (2017), a introdução da Álgebra geralmente é apresentada aos alunos de maneira descontextualizada, através de exercícios mecânicos, fazendo com que eles não compreendam sua abordagem e não percebam a aplicabilidade, iniciando um processo de desgosto pela matemática, comprometendo, assim, a aprendizagem.

Öztürk (2021) assevera que os alunos que aprenderam expressões algébricas usando o método da metacognição gostaram de aprender através desse método. O autor aponta que o estudo das expressões algébricas exerce um papel essencial na transição da matemática aritmética para a matemática algébrica. Além disso, o autor enfatiza que o questionamento e o automonitoramento dos alunos, conhecidos como conceitos básicos da metacognição, facilitaram essa transição. A presente pesquisa se propõe a utilizar meios para que haja o monitoramento e a autorregulação da compreensão dos alunos acerca da Álgebra, que são as estratégias metacognitivas de leitura para uma melhor interação entre a LMAT, LM e linguagem semiótica, no intuito de facilitar o ensino e o aprendizado.

De acordo com Wang *et al.* (2022b), alunos que utilizam a metacognição têm melhor desempenho em matemática, inclusive na Álgebra, pois, ao resolverem equações, os alunos pensam sobre os objetivos da tarefa, os passos necessários e os possíveis erros como parte do monitoramento metacognitivo. Os autores mencionam que a aplicação de estratégias metacognitivas, como reflexão, planejamento e autoavaliação, melhora a eficiência da aprendizagem e reduz a carga cognitiva.

Pan, Ke e Xu (2022), em uma revisão de literatura abrangendo estudos publicados entre 2008 e 2021, concluíram que a integração de estratégias metacognitivas em jogos educativos se mostra promissora para aprimorar tanto o desempenho quanto a compreensão matemática dos alunos. Os autores destacam a relevância da metacognição nesse contexto, sobretudo quando associada a conteúdos como Álgebra e Aritmética. Entre os trabalhos analisados, mencionam o estudo de Kolovou *et al.* (2013), que desenvolveram o jogo digital *Hit the Target* com o objetivo de ensinar conceitos de Álgebra inicial a estudantes do sexto ano. Neste jogo, os usuários precisavam construir estratégias para atingir metas de pontuação, o que exigia reflexão sobre suas ações, promovendo a construção de modelos mentais, sendo esses modelos um processo metacognitivo. De acordo com os autores, o jogo incentivava os alunos a interagir com o ambiente virtual e a refletir sobre suas próprias decisões matemáticas.

Em virtude das dificuldades dos discentes em relação ao aprendizado da Álgebra, a presente pesquisa utilizou estratégias metacognitivas de leitura no aplicativo AlgebrAR. Por exemplo, em uma determinada situação-problema, elaborada para o aluno resolver, foram utilizadas diferentes linguagens: a LMAT, a LM e a linguagem semiótica. No problema é disponibilizada uma revisão acerca da temática abordada no intuito de estimular o aluno a refletir, monitorar e autorregular os seus próprios conhecimentos, facilitando a aplicação desses conhecimentos na situação-problema. Observa-se na Tabela 8 o detalhamento das etapas das estratégias metacognitivas utilizadas no aplicativo AlgebrAR, com as suas respectivas tarefas e objetivos.

Tabela 8: Detalhamento das etapas, tarefas e objetivos das estratégias metacognitivas de leitura presentes no aplicativo AlgebrAR.

ESTRATÉGIAS METACOGNITIVAS DE LEITURA		
ETAPAS	TAREFAS	OBJETIVOS
1. <i>Introduzir</i>	Apresentar a situação-problema	Apresentar situações-problema que envolvem a Álgebra, contemplando a realidade sociocultural do aluno, utilizando a LMAT, LM e linguagem semiótica
2. <i>Lembrar</i>	Utilizar conhecimentos prévios	Revisar a Álgebra, utilizando LMAT, LM, Linguagem Semiótica (RA e figural)
3. <i>Refletir</i>	Monitorar e autorregular a compreensão	Refletir sobre cada passo dado, voltando para o passo anterior caso não haja compreensão
4. <i>Aplicar</i>	Direcionar as estratégias metacognitivas presentes nas etapas anteriores (introduzir,	Aplicar as estratégias metacognitivas para a resolução da situação-problema

	lembrar e refletir) para aplicação na situação-problema	
5. <i>Compreender</i>	Adquirir a autonomia diante do uso das estratégias metacognitivas para compreensão da situação-problema	Compreender a situação-problema

Fonte: Adaptado de Leffa (1996) e Bristol (2016).

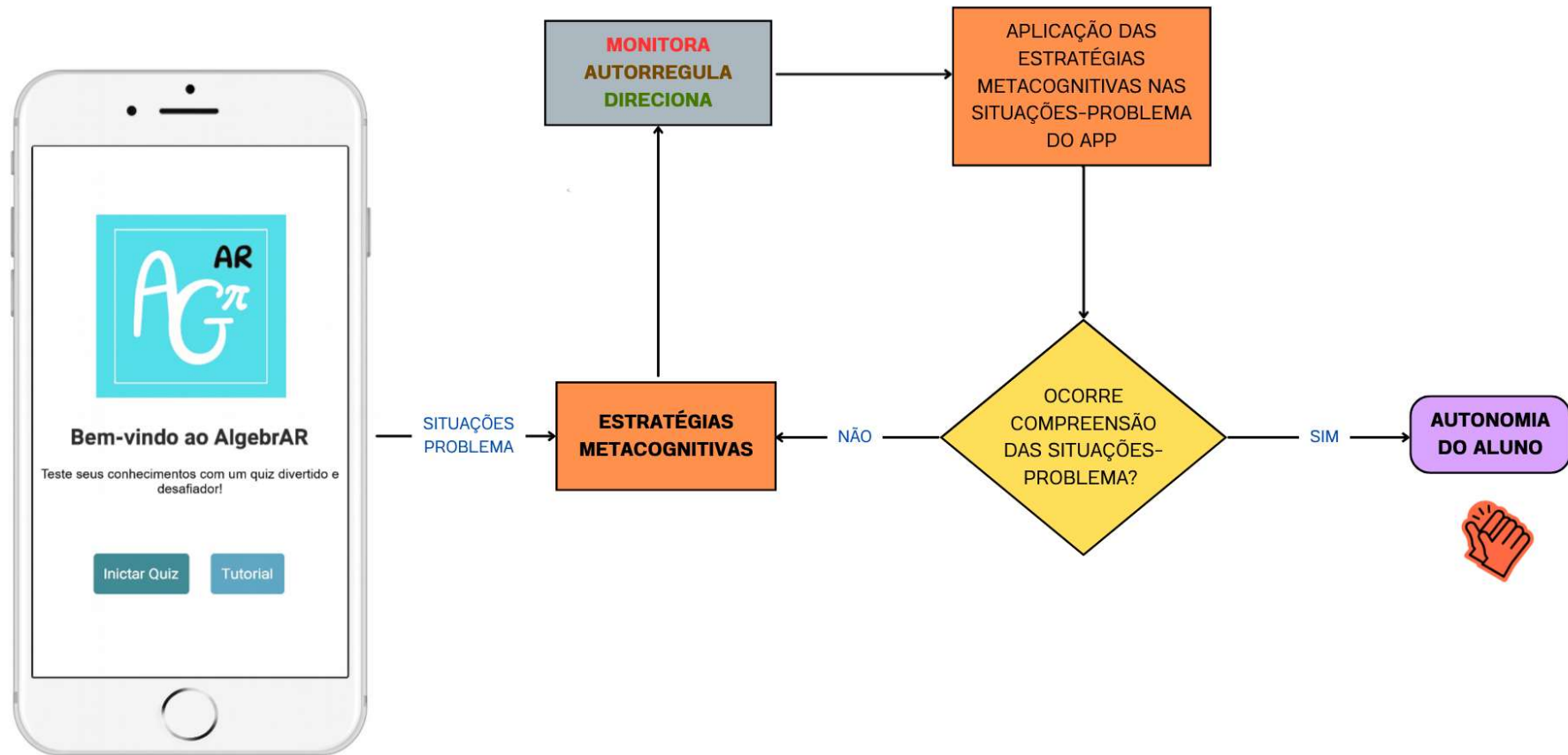
Na Tabela 8, verificam-se as estratégias metacognitivas de leitura que foram utilizadas no AlgebrAR para o ensino e aprendizado da Álgebra. Vale ressaltar que essas estratégias contemplam a interação entre a LMAT, LM e Linguagem semiótica, apontando para um processo que visa facilitar o ensino do tema.

A Figura 2 apresenta o fluxograma que descreve o processo de assimilação das estratégias metacognitivas de leitura, a partir das situações-problema contempladas pelo aplicativo AlgebrAR.

Nas etapas de 1 a 3 serão detalhados os procedimentos apresentados na Figura 2:

- Etapa 1: O aplicativo AlgebrAR introduz situações-problema para o aluno resolver. Em cada uma delas, o aplicativo oportuniza o aluno a fazer revisões sobre o tema da Álgebra estimulando-o a usar as estratégias metacognitivas que estão presentes;
- Etapa 2: Ao utilizar as estratégias metacognitivas, o estudante é levado a refletir, passando a monitorar, autorregular e, por fim, direcionar essas estratégias para serem aplicadas nas situações-problema do aplicativo;
- Etapa 3: Esta etapa implica uma condição na qual o aluno avalia se ocorreu a compreensão das situações-problema:
 - Se houver ocorrido a compreensão, ele está autônomo em relação ao uso das estratégias metacognitivas oferecidas;
 - Se o aluno não compreender as situações-problema, ele retorna à Etapa 1 para que sejam feitas as revisões e retomadas as estratégias metacognitivas disponíveis, a fim de aplicá-las nas resoluções dos problemas e, assim, tentar alcançar a compreensão.

Figura 2: Fluxograma das estratégias metacognitivas de leitura presentes no aplicativo AlgebrAR.



Fonte: A autora.

Assim, a Figura 2 sintetiza o funcionamento das estratégias metacognitivas de leitura que estão presentes no aplicativo AlgebrAR, ao evidenciar etapas como o monitoramento, a autorregulação e a avaliação da compreensão por parte dos estudantes. Esse fluxograma explicita um movimento contínuo de monitoramento e autorregulação, nos quais o estudante é incentivado a refletir sobre seu próprio processo de compreensão ao longo das resoluções das situações-problema.

2.3 Linguagem matemática e língua materna como um caminho para o Letramento Matemático

A linguagem matemática pode ser compreendida como um sistema simbólico formal, constituído por símbolos específicos e por regras que determinam a combinação desses símbolos. Conforme brevemente mencionado na Introdução deste trabalho, Gómez-Granell (2003) afirma que a matemática apresenta uma estrutura simbólica própria que exige do estudante o domínio de códigos e convenções específicas para sua interpretação. Nesse sentido, a compreensão da matemática envolve não apenas habilidades de cálculo, mas também competências linguísticas relacionadas à interpretação de símbolos e à construção de significados a partir de estruturas formais.

Para a linguística, a relação entre linguagem e matemática também tem sido objeto de reflexão teórica há algumas décadas. Hockett (1968) argumenta que muitos dos atributos que caracterizam as línguas naturais também podem ser observados nos sistemas matemáticos, uma vez que ambos operam por meio de estruturas simbólicas organizadas e de regras de combinação que permitem a geração de expressões significativas. Para o autor, a matemática pode ser compreendida como um sistema simbólico que apresenta propriedades linguísticas relevantes, ainda que possua um grau mais elevado de formalização. Nessa perspectiva, ao aproximarmos essa discussão do campo educacional, especialmente no contexto da língua materna, é possível compreender a linguagem matemática como um sistema simbólico cuja interpretação mobiliza processos semelhantes aos da interpretação linguística.

Entretanto, Hockett (1968) ressalta que a matemática não deve ser confundida com a linguagem humana. De acordo com o autor, embora modelos matemáticos possam ser utilizados para representar aspectos da linguagem, a linguagem humana permanece um fenômeno empírico complexo, que não pode ser completamente reduzido a estruturas formais. Assim, já nos anos de 1960, havia uma preocupação de apresentar que a formalização matemática da linguagem deve ser entendida como uma ferramenta de modelização teórica, e não como uma substituição da realidade

linguística. Esse argumento reforça a importância de considerar, no ensino da matemática, os processos linguísticos envolvidos na interpretação dos enunciados dos problemas e na construção do raciocínio matemático.

Dessa forma, percebe-se que relação entre linguagem matemática e língua materna tem sido amplamente discutida na Literatura Linguística, na Educação Matemática e nas Ciências da Linguagem. Machado (2011) destaca que, do ponto de vista da linguagem matemática e da língua materna, ambas se articulam de forma complementar no processo de construção do conhecimento matemático. Enquanto a linguagem matemática organiza os conceitos por meio de símbolos e estruturas formais, a língua materna atua como mediadora na interpretação dos enunciados e na explicitação dos raciocínios envolvidos na resolução de problemas.

Nesse sentido, Partee, Meulen e Wall (1993) argumentam que a linguagem matemática possui conteúdo semântico formalmente codificado, o que possibilita sua tradução ou interpretação por meio da língua materna. Essa característica demonstra, segundo os autores, que a compreensão de expressões matemáticas depende frequentemente da capacidade do sujeito de estabelecer relações entre estruturas formais e interpretações linguísticas. Assim, a língua materna desempenha papel fundamental na mediação entre os símbolos matemáticos e a construção de significados pelos estudantes.

Diante das dificuldades discentes no aprendizado da matemática, a tentativa de articular a linguagem matemática com a língua materna pode contribuir para um melhor aprendizado. Interpretar a linguagem matemática pode-se tornar um desafio para os estudantes que sentem dificuldades. Machado (1989) ressalta que a linguagem matemática, por ser formal, não possui uma oralidade própria. O autor menciona que, ao se adotar uma abordagem estritamente formalista, a matemática é reduzida à sua dimensão escrita, o que compromete o processo de aprendizagem ao excluir os significados que emergem naturalmente da oralidade, pois o uso dos símbolos matemáticos desvinculados do seu real significado é, sem dúvida, responsável por grande parte das dificuldades no ensino da matemática.

O emprego de metodologias para que o aluno consiga compreender a linguagem matemática pode ser considerado um desafio para os docentes. Oliveira e Pacheco (2025) mencionam que o uso adequado de ferramentas tecnológicas pode ajudar os estudantes a superarem os desafios encontrados em alguns conteúdos da matemática, ao permitir aprendizado mais acessível. Machado (2011) defende que seja feita uma articulação entre a linguagem matemática e a língua materna para que as dificuldades discentes em relação à matemática sejam amenizadas e que essa articulação pode ser caracterizada como uma relação de complementariedade. Mas, pode haver meios para que essa articulação seja realizada. Rabello

(2022) destaca que uso de estratégias metacognitivas de leitura em um aplicativo com o tema das frações pode contribuir para que haja articulação entre a linguagem matemática e a língua materna. A presente pesquisa propõe o uso de estratégias metacognitivas em um aplicativo de RA com tema da Álgebra e elementos da gamificação, para uma melhor articulação entre a LMAT, a LM e a linguagem semiótica.

A linguagem matemática, por sua natureza simbólica e formal, apresenta desafios específicos para os estudantes durante o processo de aprendizagem. Gómez-Granell (2003) afirma que a compreensão e a interpretação da realidade por meio da matemática exigem o domínio de uma linguagem simbólica e formal, distinta da língua materna. A autora destaca que muitos alunos enfrentam obstáculos ao lidar com as notações matemáticas, pois estas possuem um alto grau de formalização cuja interpretação eficaz depende diretamente do conhecimento da língua materna.

Nesse sentido, aprender matemática não se restringe à memorização de fórmulas ou procedimentos, mas implica a construção de uma nova maneira de perceber o mundo, mediada por símbolos e estruturas próprias da linguagem matemática. Nesse processo, a língua materna desempenha papel fundamental como suporte para interpretar e se apropriar desse conhecimento. Araujo e Vieira (2025) asseveram que é necessário conferir ao ensino da matemática o mesmo espaço e atenção destinados ao ensino da língua materna, uma vez que a linguagem matemática e a língua materna se complementam e possuem igual relevância na construção do conhecimento, no desenvolvimento da autonomia e na formação integral dos estudantes.

A linguagem matemática, embora possua características formais, por ser marcada por símbolos e estruturas próprias, sendo construída a partir da língua materna como mediadora do pensamento e da comunicação matemática, pode ganhar sentido e funcionalidade. No entanto, é por meio da língua materna que os estudantes podem interpretar os enunciados e atribuírem sentido às operações matemáticas.

Nesse contexto, o conceito de Letramento Matemático emerge como uma dimensão fundamental na alfabetização dos estudantes nos anos iniciais, sendo reconhecido e apoiado por alguns documentos oficiais. O PNAIC define o Letramento Matemático como a habilidade de compreender, comunicar e aplicar os conceitos matemáticos em situações do cotidiano. Este documento valoriza o uso da matemática como linguagem para interpretar e transformar a realidade tratando o Letramento Matemático como parte da alfabetização integral, articulando-se com a linguagem oral e escrita, ciências e outras áreas do conhecimento.

A BNCC estabelece que o EF deve assumir o compromisso com o desenvolvimento do Letramento Matemático, entendendo-o como um processo que envolve o aprimoramento das habilidades de raciocinar, representar, comunicar e argumentar matematicamente. Além disso, o

documento ressalta a importância do pensamento algébrico como componente de destaque para o Letramento Matemático, possibilitando ao estudante generalizar padrões, modelar relações da realidade e, desse modo, formular e comunicar matematicamente a sua compreensão do mundo.

Há documentos que, mesmo sem usar explicitamente o termo “Letramento Matemático”, destacam a importância da articulação entre a linguagem matemática e a língua materna. São eles:

- I. Os PCN propõem uma perspectiva que valoriza a compreensão, comunicação e aplicação da matemática em contextos reais, reconhecendo que a língua materna desempenha papel fundamental no ensino da matemática, especialmente na leitura, interpretação e produção de significados;
- II. A Política Nacional de Alfabetização (PNA – Brasil, 2019) reconhece que a alfabetização vai além da leitura e da escrita, incluindo o desenvolvimento de competências matemáticas básicas, especialmente nos anos iniciais do Ensino Fundamental I. O documento propõe que a alfabetização explore também outros aspectos, como, por exemplo, a numeracia, que é uma das dimensões essenciais para a formação integral dos estudantes. Segundo o documento, a numeracia é a habilidade de compreender conceitos fundamentais, usar quantidades, aplicar raciocínio matemático e resolver problemas que surgem na vida cotidiana;
- III. Os Parâmetros para a Educação Básica do Estado de Pernambuco (doravante, PEBEPE (PERNAMBUCO, 2012)) apontam que o ensino da matemática deve ir além da memorização de algoritmos e fórmulas, enfatizando a importância da compreensão matemática em contextos do dia a dia do aluno. O documento propõe que a matemática é uma linguagem que os estudantes precisam compreender, interpretar e utilizar para resolver problemas e tomar decisões no cotidiano.

No entanto, as abordagens presentes nos três documentos supracitados, contribuem para o fortalecimento de práticas pedagógicas que favorecem o desenvolvimento do Letramento Matemático, compreendido como a capacidade de comunicar, interpretar, compreender e aplicar conceitos matemáticos em situações reais.

2.4 Contribuições da semiótica para o ensino da matemática

Santaella (2012b) menciona que a Semiótica é a ciência dos signos, isto é, a ciência geral de todas as linguagens. A autora ressalta que o indivíduo é mediado por uma rede intrincada e plural de linguagem, manifestadas por diferentes formas de comunicação, como a leitura, a produção de formas e volumes, a percepção de massas, interações de forças, movimentos, cores, imagens,

gráficos, setas, números, luzes, sons musicais, gestos, expressões, além de estímulos sensoriais, como o cheiro, o tato, o olhar, o sentir e o apalpar. Nesse sentido, o aplicativo AlgebrAR materializa essa rede plural ao oferecer ao estudante um ambiente de múltiplas linguagens para a aprendizagem. A interação com o aplicativo não se restringe à leitura do texto verbal; ela exige a interpretação de uma diversidade de signos que, conforme Santaella (2012b), são os elementos mediadores da percepção. No aplicativo, esses signos se manifestam nos objetos tridimensionais e nos movimentos por meio da Realidade Aumentada, na interpretação de cores, imagens e sons na interface, bem como nos sistemas simbólicos próprios da Álgebra.

Peirce (2005) define a Semiótica como a doutrina formal dedicada ao estudo dos signos, destacando que o conceito de signo vai além da linguagem verbal ou escrita. Para ele, um signo pode manifestar-se também por meio de ações ou reações que expressem emoções ou sentimentos. Em sua perspectiva, o signo linguístico é aquilo que representa algo para alguém, estabelecendo uma relação de significação.

A noção de linguagem semiótica adotada nesta pesquisa baseia-se na compreensão de que os processos de aprendizagem envolvem a interpretação de diferentes sistemas de signos. No ensino da matemática, tais formas incluem expressões algébricas, gráficos, figuras geométricas, diagramas e representações visuais, que atuam como mediadores na construção do conhecimento.

De acordo com Kress e Van Leeuwen (2006), a comunicação caracteriza-se pela multimodalidade, isto é, pela integração de diferentes modos semióticos na produção de significados. Em ambientes digitais de aprendizagem, como aplicativos educacionais, a multimodalidade torna-se ainda mais evidente, uma vez que texto, imagem, animação e interação espacial podem atuar simultaneamente no processo de construção do conhecimento. O presente trabalho está em consonância com o que afirmam os autores, uma vez que a RA, presente no aplicativo proposto, pode ser vista como parte integrante de um ambiente semiótico multimodal que amplia as possibilidades de representação do conhecimento matemático. A visualização tridimensional proporcionada pela RA não deve ser compreendida apenas como um recurso tecnológico, mas como um elemento semiótico que permite ao estudante estabelecer relações entre diferentes registros de representação. Ao visualizar objetos geométricos e termos algébricos em um espaço tridimensional interativo, o estudante pode relacionar conceitos abstratos da Álgebra a representações visuais concretas, favorecendo a construção de significados e a compreensão das relações matemáticas envolvidas.

Araújo *et al.* (2024) mencionam que a perspectiva da multimodalidade permite compreender que a construção de sentido não se limita à linguagem verbal, mas emerge da articulação entre diferentes modos semióticos, incluindo recursos visuais e os sistemas simbólicos.

Nesse contexto, os autores destacam que os processos comunicativos e interpretativos mobilizam múltiplas formas de representação para a produção de significados. Essa perspectiva dialoga com os estudos de Santaella (2012b), que compreende a semiótica como o campo que investiga os processos de significação a partir dos diversos sistemas de signos. Tal compreensão também se aproxima da Teoria dos Registros de Representação Semiótica desenvolvida por Duval (2009), a qual enfatiza a importância da articulação entre diferentes sistemas de representação de um objeto matemático, como o verbal, o algébrico, o gráfico e o numérico, para uma melhor compreensão da matemática.

Duval (2009) desenvolveu a Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS), que se caracteriza como um estudo de abordagem cognitiva. O autor defende a importância do ensino da matemática que diversifique e articule diversas representações de um mesmo objeto matemático. Duval (2011) destaca que as diferentes representações semióticas (simbólica e verbal) têm um importante papel na aprendizagem da matemática devido ao caráter abstrato das suas notações, tornando essas notações acessíveis aos alunos que sentem dificuldade no aprendizado dessa disciplina. De acordo com o autor, quanto mais diversificadas forem as formas de representação do objeto de estudo da matemática, maiores serão as possibilidades de compreendê-lo, uma vez que tais diversificações ampliam as capacidades cognitivas e enriquecem as representações mentais dos aprendizes. O autor defende que compreender matemática exige transitar entre diferentes registros, como, por exemplo, verbal, algébrico (simbólico), gráfico e figural.

Complementarmente, a semiótica social (i.e., estudo da construção de sentidos via relações sociais e comunicação multimodal) e os estudos sobre multimodalidade (Kress; Van Leeuwen, 2006; Araújo *et al.*, 2024) contribuem para compreender como diferentes modos de representação (texto verbal, imagem, cor, som e movimento) participam da construção de significados em contextos educacionais. Em ambientes digitais de aprendizagem, como aplicativos educacionais e tecnologias de RA, o conhecimento não é construído apenas por meio da linguagem verbal, mas também por meio da integração de múltiplos modos semióticos. Assim, a visualização tridimensional proporcionada pela RA pode favorecer a compreensão conceitual ao permitir que os estudantes percebam relações espaciais e estruturais que seriam difíceis de apreender apenas por meio de descrições textuais ou simbólicas.

Neste cenário, a presente pesquisa propõe o aplicativo AlgebrAR como o suporte tecnológico onde essa convergência multimodal e a conversão de registros se materializam. O aplicativo permite que o estudante mobilize estratégias metacognitivas de leitura para transitar de

forma consciente entre a LM (presente nos enunciados e explicações), o registro algébrico (as notações matemáticas) e o registro gráfico/visual (presente tanto nas suas atividades como na RA).

Segundo Santaella (2012a), a leitura de uma imagem não deve ser reduzida a um suporte ilustrativo do texto verbal, mas sim compreendida como uma linguagem autônoma, dotada de uma “gramática” própria que exige do sujeito uma postura ativa e analítica de decodificação. A autora ressalta que essa leitura pressupõe a capacidade de articular como seus elementos constitutivos, como luz, cor, linha e composição se organizam para a produção de sentidos, o que define como um processo de alfabetização visual. Este processo proposto pela autora pode ser transposto para a compreensão da interface do aplicativo AlgebrAR. A linguagem semiótica presente no aplicativo (imagens, cores, gráficos e elementos da Realidade Aumentada) não atua como mera ilustração do conteúdo algébrico, mas materializa conceitos abstratos da Álgebra, constituindo parte integrante do processo de construção do conhecimento.

Nunomura (2021) destaca que, quanto mais variada for a representação de um objeto matemático, maior é a possibilidade de compreensão e que um dos papéis desempenhados pelas representações semióticas é o de exteriorizar as representações mentais, tornando-as acessíveis às outras pessoas. Segundo a autora, a maneira como o estudante lida com uma representação semiótica revela, de alguma forma, como ele representou essa informação internamente. Assim, as representações semióticas na disciplina da matemática podem oportunizar os alunos a representar uma determinada notação de diferentes maneiras, visando maiores chances em compreendê-la. No aplicativo desenvolvido por Rabello *et al.* (2023), a linguagem semiótica foi contemplada visando facilitar a compreensão das frações nas diferentes maneiras de representá-las, contribuindo para apoiar o estudante ao longo do processo de aprendizagem.

As abordagens semióticas têm contribuído significativamente para a compreensão dos processos de ensino e aprendizagem da matemática, especialmente no que se refere à Álgebra. De acordo com Luz (2020), em virtude do caráter abstrato da Álgebra e de outros conteúdos matemáticos, é fundamental que diferentes formas de representação sejam utilizadas nas atividades de ensino, favorecendo a compreensão dos conceitos e dos seus significados. O autor aponta que os alunos enfrentam dificuldades em generalizar certas sentenças matemáticas como “o triplo de um número” e que essas dificuldades, na maioria das vezes, decorrem do distanciamento entre teoria e prática, da compreensão limitada dos conceitos envolvidos e da falta de entusiasmo dos estudantes em aprender essas representações algébricas e os seus significados. Luz (2020) utiliza a TRRS, desenvolvida por Duval, para explorar as múltiplas formas de representação algébrica no processo de ensino-aprendizagem ao propor atividades que desafiam os alunos a interpretar

problemas escritos em língua materna, traduzi-los para expressões algébricas, representá-los graficamente e compreender as suas implicações.

Luz, Brandão e Amaral (2023) mencionam que, por falta de estímulo nos procedimentos didáticos no ensino da Álgebra, os alunos acabam se afastando da matemática, perdendo o interesse pelo tema. À luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, desenvolvida por Duval (2009), os autores destacam que a aprendizagem da Álgebra envolve a mobilização de diferentes registros, como a língua materna, os registros numéricos e as expressões algébricas, sendo a resolução de problemas uma estratégia relevante, pois exige que os alunos interpretem o enunciado, construam representações matemáticas e realizem transformações entre diferentes registros. Os autores ressaltam que muitas dificuldades na aprendizagem da Álgebra decorrem justamente da limitação dos estudantes em realizar conversões entre esses registros, o que evidencia a importância de propostas didáticas que favoreçam a articulação entre diferentes formas de representação na construção do pensamento algébrico.

Salvi *et al.* (2024) discutem o ensino da Álgebra a partir da perspectiva semiótica, destacando que a construção do conhecimento matemático envolve diferentes meios e registros de representação mobilizados nas interações em sala de aula. Os autores mencionam que a produção de significados não se restringe aos símbolos algébricos, mas envolve também elementos como a linguagem verbal, gestos, artefatos e outras formas de representação mobilizadas no desenvolvimento das atividades matemáticas. Assim, de acordo com os autores, o pensamento algébrico é compreendido como um processo que se constitui pela articulação entre diferentes representações semióticas.

Santos, Barros e Silva (2025) apontam que atribuir significado aos conceitos matemáticos por meio de diferentes formas de representação semiótica é necessário para a visualização e para a compreensão. Os autores destacam que esta representação não corresponde ao objeto matemático em si, mas atua como ferramenta para sua compreensão e análise. Além disso, os autores ressaltam que a construção de sentido promovida por essas práticas, repletas de signos e significados, constitui uma etapa importante no percurso rumo à abstração matemática.

As diferentes representações tornam-se importantes ferramentas pedagógicas para ajudar no desenvolvimento do pensamento matemático, superando as dificuldades que os estudantes enfrentam ao lidar com conceitos abstratos. Segundo Duval (2003), a aprendizagem efetiva dos conceitos matemáticos pressupõe que o indivíduo desenvolva não apenas a habilidade de expressar ideias por meio da linguagem simbólica, mas também a competência de articular, de forma simultânea, ao menos dois registros distintos de representação semiótica.

A presente pesquisa se apoia na Teoria dos Registros de Representação Semiótica, desenvolvida por Duval, para mostrar diferentes representações semióticas relacionadas ao tema da Álgebra. O aplicativo AlgebrAR apresenta o Jogo da Memória, no qual o estudante terá que associar pares de peças que possuem o mesmo significado, ainda que estejam representadas de maneiras distintas. Neste jogo são exploradas diferentes formas de representar a Álgebra, tais como: i) Figural: peças que exibem medidas dos lados de figuras geométricas planas e das arestas de sólidos geométricos, representadas por termos algébricos, como em um retângulo de comprimento “ $3x$ ” e altura “ x ”; ii) Textual: peças que apresentam expressões algébricas descritas em língua materna, por exemplo: “Um número mais o seu quadrado”; iii) Simbólico: peças que trazem expressões algébricas em linguagem matemática, como: “ $5x + 1$ ” e iv) Auditiva: peças que emitem uma saída sonora de uma expressão algébrica, como a reprodução em áudio da frase: “O quántuplo de um número mais um”. Dessa forma, o aplicativo busca explorar diferentes maneiras de representar a Álgebra, favorecendo a construção de significados matemáticos e o desenvolvimento do pensamento algébrico, facilitando, assim, a compreensão do tema Álgebra.

Ao destacar a importância da mobilização e conversão entre diferentes registros para a aprendizagem significativa da matemática, o AlgebrAR propõe experiências de aprendizagem que envolvem diferentes formas de representação dos objetos. Ao integrar a RA (concebida também como um recurso semiótico), a língua materna, recursos figurais, textuais, simbólicos e auditivos, o aplicativo promove a articulação entre esses registros diferentes, conforme os pressupostos da TRRS, ampliando, assim, a compreensão dos conceitos algébricos.

2.5 Ferramentas tecnológicas como apoio ao ensino e aprendizado da matemática

Aplicativos de apoio ao ensino e aprendizado da matemática têm sido explorados em diferentes conteúdos, ampliando as possibilidades de compreensão dos conceitos. Oliveira e Cunha (2021) asseveram que o uso do aplicativo GeoGebra nas aulas de matemática para o ensino das Funções é muito eficaz, pois leva o aluno a pensar e aprender de forma dinâmica e construtiva. Rossi (2021) destaca que a utilização de aplicativos contribui para o desenvolvimento das competências de Letramento Matemático e contribui na resolução de problemas, proporcionando a reflexão sobre as diferentes formas em que a matemática está inserida na vida das pessoas. Coutinho, Almeida e Jatobá (2021) mencionam que os aplicativos móveis educacionais podem motivar e auxiliar os discentes a resolverem as atividades matemáticas. Farias, Martins e Santos (2021) perceberam que o processo de ensino e aprendizagem da matemática se tornou mais dinâmico, interativo e participativo com o uso de um aplicativo. Velazquez *et al.* (2021)

apresentaram um aplicativo que funciona como uma ferramenta para os alunos se sentirem protagonistas do seu próprio aprendizado e alcancem uma aprendizagem significativa no campo da Álgebra. Braga *et al.* (2022) asseveram que aplicativos disponibilizados para *smartphone* podem favorecer o ensino das frações de forma lúdica.

Cevikbas, Bulut e Kaiser (2023) afirmam que tecnologias de RA têm o papel de impactar positivamente as experiências de aprendizagem da matemática dos estudantes, podendo favorecer não apenas o desenvolvimento cognitivo e socioemocional, mas também a dimensão metacognitiva da aprendizagem matemática, ao estimular processos de autorregulação e reflexão sobre o seu próprio conhecimento. Os autores mencionam que as tecnologias de RA permitem que os alunos trabalhem com objetos no mundo real, com a oportunidade de explorar as suas características, e que no campo da educação matemática a RA tem atraído atenção nos últimos anos como uma ferramenta que aumenta a motivação para a aprendizagem e melhora os resultados dos alunos.

Ferramentas tecnológicas vêm sendo exploradas como suporte ao aprendizado no setor educacional. Novita *et al.* (2025) asseveram que o uso da Realidade Virtual (RV) na educação produziu resultados positivos, particularmente na motivação e na aprendizagem dos alunos. Em relação ao ensino da matemática, Buentello-Montoya, Lomelí-Plascencia e Medina-Herrera (2021) mencionam que a RV é uma tecnologia com potencial impacto na educação e pode facilitar disciplinas que são difíceis para os alunos, como a matemática. De acordo com Saleh e Mosidi (2022), as aplicações da tecnologia de RV são variadas, mas podem ser utilizadas como auxílio ao ensino. Os autores utilizaram a tecnologia de RV imersiva envolvendo habilidades de cálculo, como apoio ao ensino, para melhorar as habilidades sociais e cognitivas dos estudantes.

Cevikbas, Bulut e Kaiser (2023) mencionam que a tecnologia de RV permite que os alunos acessem um mundo virtual, mergulhem ativamente nele e interajam com os objetos, melhorando, assim, as habilidades do pensamento matemático e as habilidades espaciais. De acordo com os autores, as tecnologias de RA permitem que os alunos trabalhem com objetos no mundo real, com a oportunidade de explorar as suas características. Porém, os autores apontam que existem alguns desafios para a aplicação bem sucedida na sala de aula em relação às tecnologias de RV e RA, como falhas tecnológicas, custo, esforço inicial, problemas de saúde e falta de familiaridade com essas tecnologias. Porém, segundo os autores, o uso dessas tecnologias no campo da educação matemática tem atraído atenção considerável nos últimos anos como ferramentas úteis para aumentar a motivação na aprendizagem e nos resultados dos alunos. Seus estudos mostraram que as pesquisas sobre o uso das tecnologias de RA e RV na aprendizagem da matemática estão sendo mais utilizadas na Geometria, seguida da Álgebra.

Segundo Nascimento *et al.* (2023), os docentes vêm observando que existe uma dificuldade em motivar e capturar a atenção dos alunos na disciplina de matemática. De acordo com os autores, os aplicativos baseados em RA podem ajudar os professores a capturar a atenção dos estudantes, auxiliando-os na fixação dos conteúdos, além de gerar maior interesse, motivação e participação discente durante as aulas.

Souza e Jucá (2024) asseveram que a RA permite uma sobreposição de objetos virtuais ao ambiente físico por meio de dispositivos tecnológicos, como *tablet* ou *smartphone*, configurando-se como uma alternativa de ensinar matemática. Os autores realizaram uma revisão de literatura e concluíram que o uso da Realidade Aumentada vem ganhando espaço em conteúdos que demandam uma maior abstração. Os autores acrescentam que a Geometria Espacial é o conteúdo em que a RA vem sendo mais utilizada em virtude das dificuldades em sala de aula em relação à manipulação ou visualização dos sólidos geométricos por parte dos estudantes. Em disciplinas como Análise Matemática e Cálculo Diferencial e Integral, os autores destacam, ainda, que a RA vem sendo utilizada como recurso para representação gráfica das funções de uma ou mais variáveis.

De acordo com Alsolami e Allinjawi (2025), a tecnologia de RA pode ajudar alunos com discalculia, uma dificuldade específica de aprendizagem relacionada à matemática, para que eles possam entender melhor conceitos de multiplicação por meio de uma abordagem mais acessível, personalizada, envolvente e motivadora para o aprendizado de conteúdos que normalmente são desafiadores. Gashaj *et al.* (2025) mencionam que recursos como RA não apenas tornam o aprendizado mais divertido, como também ajudam a reduzir a ansiedade matemática e aumentar a motivação, por tornar o conteúdo mais interativo e visual, ajudando a minimizar o impacto emocional de tarefas matemáticas.

Putri *et al.* (2025) desenvolveram um aplicativo voltado para o ensino da Geometria utilizando tecnologia de RA destinado aos alunos do quinto ano do Ensino Fundamental I na Indonésia. A pesquisa contempla princípios de interação criança-computador e elementos de gamificação para tornar o aprendizado mais envolvente. Segundo os autores, o aplicativo oferece recursos como manipulação interativa de objetos tridimensionais, animações geométricas em rede e questionários elaborados para aprofundar a compreensão de volume, área de superfície e identificações de formas tridimensionais, utilizando uma linguagem adequada à faixa etária dos estudantes. Os resultados do estudo revelam uma ampla aceitação do aplicativo de RA por parte dos alunos, acompanhada de melhorias no engajamento, motivação e compreensão do conteúdo.

Vieira e Sales (2025) mencionam que a utilização da RA possibilitou integrar a tecnologia ao contexto educacional, estimular a curiosidade dos alunos, além de favorecer melhor

compreensão dos conteúdos matemáticos. Os autores detectaram que os estudantes demonstraram um maior interesse ao interagir com as atividades que foram propostas. De acordo com Conejo, Cordeiro e Boscaroli (2025), a tecnologia de RA apresenta um potencial alto para o ensino da matemática, por permitir que os alunos compreendam conceitos abstratos de maneira interativa, integrando elementos virtuais e reais. Os autores apontam que o uso da RA desperta maior interesse, engajamento e motivação dos estudantes nas atividades matemáticas, já que a manipulação de objetos virtuais e a visualização dos conteúdos sob diferentes perspectivas favorecem a abstração dos conceitos, contribuindo, assim, para a construção de significados e para a consolidação do conhecimento.

Com o propósito de facilitar o processo de ensino e aprendizado da Álgebra, nesta pesquisa foi desenvolvido um aplicativo denominado AlgebrAR, que utiliza a tecnologia de RA. Na primeira situação-problema que o aplicativo apresenta, quando o estudante clica no botão “Ver em Realidade Aumentada”, aparece um sólido geométrico com medidas algébricas em suas arestas para que sejam trabalhados conceitos da Álgebra como soma e produto de monômios. O recurso de RA irá auxiliar o estudante de maneira divertida e interativa na visualização tridimensional das faces e das medidas das arestas do sólido geométrico.

2.6 A gamificação no ensino e aprendizado da matemática e no aplicativo AlgebrAR

Percebe-se que, algumas vezes, as dificuldades enfrentadas pelo aluno em relação à matemática podem levá-lo ao desestímulo, fazendo-o acreditar que tais conteúdos são de difícil assimilação. A adoção de metodologias diferenciadas, entretanto, pode favorecer sua motivação para o aprendizado. Com o propósito de tornar o estudante protagonista e participativo no processo de ensino e aprendizagem, foram incorporados no aplicativo AlgebrAR elementos da gamificação (termo adaptado de *gamefication* do inglês - cf. McGONIGAL, 2011).

A gamificação é uma ferramenta pedagógica capaz de promover o engajamento dos alunos nas atividades propostas pelo AlgebrAR, estimulando o interesse pelo tema da Álgebra e favorecendo uma aprendizagem mais dinâmica, prazerosa e significativa. De acordo com Christopoulos e Mystakidis (2023), gamificação, ou *design* de jogos, refere-se à aplicação de princípios e elementos de jogos em ambientes não relacionados a jogos, sendo muitas vezes facilitado por meio de plataformas digitais com o objetivo de solucionar problemas, aumentar o engajamento e motivar os indivíduos em direção aos seus objetivos. Os autores mencionam que a técnica da gamificação promove uma experiência lúdica e interativa.

Dos Anjos, Moreira e Tinti (2023) mencionam que a gamificação no ensino da matemática não se limita a proporcionar momentos de diversão dos alunos. Os autores ressaltam que, quando aplicada de forma adequada, pode favorecer o desenvolvimento de diferentes aspectos, tais como: despertar o interesse, ampliar a participação nas atividades, desenvolver a criatividade e autonomia, conceder o diálogo entre alunos e professores e aprimorar a resolução das situações-problema. Segundo os autores, quando um recurso tecnológico é utilizado, as possibilidades e as oportunidades para o aprendizado da matemática se ampliam. Brito (2020) aponta que os docentes perceberam contribuições positivas decorrentes da aproximação entre a gamificação e o ensino de matemática. Entre os resultados observados, destacam-se o fortalecimento da prática pedagógica, o enriquecimento do processo de ensino e aprendizagem e a motivação e interesse demonstrados pelos alunos ao participarem das atividades gamificadas.

Nesse sentido, os elementos da gamificação configuram-se como um caminho promissor para que haja mais interesse e participação dos alunos nas aulas de matemática. Martins, Maia e Tinti (2020) asseveram que a utilização de elementos da gamificação pode motivar de forma lúdica os alunos para a ação e a compreensão do conteúdo matemáticos. Os autores mencionam que a proposta de gamificação pode ser enriquecedora no contexto escolar por incentivar os alunos a aprenderem de forma autônoma e participativa, podendo promover mudança no comportamento discente em relação à matemática. Segundo Alves, Carneiro e Carneiro (2022), os resultados dos seus estudos apontam que a gamificação tem sido uma estratégia de ensino para a disciplina da matemática e tem gerado bons resultados no engajamento dos alunos em sala de aula, proporcionando uma aprendizagem significativa dos temas envolvidos.

Rincon-Flores *et al.* (2023) evidenciam que o uso de uma plataforma digital gamificada contribuiu para a redução na ansiedade matemática dos estudantes, bem como aumento do prazer e do interesse pela matemática, promovendo um ambiente de sala de aula mais participativo e favorecendo a atenção e o engajamento dos alunos.

Soares (2023) aponta que os elementos da gamificação, quando aplicados em situações da vida real, podem gerar estímulos positivos em diferentes situações, seja no trabalho, na escola ou até mesmo na vida pessoal. O referido autor implementou a gamificação em um jogo digital desenvolvido, visando o estímulo dos estudantes e a melhoria deles no desempenho da matemática.

De acordo com Silva (2024), o ensino da matemática por meio de jogos virtuais e elementos da gamificação configura-se como uma estratégia pedagógica eficaz para promover o engajamento discente, tornando o aprendizado mais atrativo e significativo. Segundo o autor, tal abordagem possibilita que os alunos aprendam a matemática de forma mais interativa e lúdica, dando-lhes oportunidade de vivenciarem os conceitos previamente adquiridos na prática, ao aplicarem seus

conhecimentos matemáticos no ambiente virtual. Os autores ressaltam que a competição saudável, as recompensas, os desafios e o *feedback* imediato, estruturados no ambiente gamificado, constituem mecanismos que estimulam a participação ativa dos estudantes, tornando o aprendizado mais dinâmico, envolvente e motivador.

Anggoro *et al.* (2025) evidenciam que a gamificação, aplicada ao ensino da matemática, constitui uma estratégia pedagógica capaz de promover o desenvolvimento das habilidades como resolução de problemas, raciocínio lógico e pensamento crítico. Segundo os autores, ao integrar desafios matemáticos em ambientes gamificados, os estudantes são estimulados a analisar problemas, formular estratégias e tomar decisões, tornando o aprendizado mais ativo e significativo. Os autores acrescentam que esse processo promove maior engajamento e compreensão conceitual, uma vez que os alunos participam ativamente da resolução de problemas matemáticos em contextos lúdicos e interativos.

Mesquita (2025) afirma que a gamificação aplicada ao ensino da matemática configura-se como uma estratégia pedagógica eficiente capaz de ampliar o engajamento e a motivação dos alunos do Ensino Fundamental. O autor resalta que, ao serem inseridos em práticas gamificadas, os estudantes passam a perceber a disciplina da matemática de maneira mais acessível e envolvente, uma vez que a gamificação contribui para o desenvolvimento do pensamento lógico e do raciocínio matemático. Segundo o autor, as pesquisas também demonstram que, quando os estudantes enfrentam desafios estruturados de forma lúdica, eles são estimulados a exercitar o raciocínio dedutivo, a criatividade e a capacidade de generalização.

O aplicativo AlgebrAR foi desenvolvido com o propósito de tornar o aprendizado da Álgebra mais acessível aos alunos buscando incorporar alguns elementos da gamificação para aproximar conteúdos matemáticos de experiências interativas e motivadoras. Seu ambiente foi cuidadosamente planejado e contextualizado, buscando integrar atividades relacionadas ao cotidiano dos estudantes, de modo a estimular a sua participação e o engajamento durante a realização das tarefas. O aplicativo contempla três desafios, em forma de situações-problema com revisões em cada uma delas, com imagens disponibilizadas em RA, para tornar a experiência mais interativa e lúdica, incluindo sólidos geométricos, que permitem melhor visualização das faces e medidas algébricas das arestas, além de cenários familiares aos estudantes, tais como: piscina, baú com caixas, sala de aula e Dojô com tatames.

O AlgebrAR também inclui personagens que apresentam diferentes reações dando *feedback* imediato e incentivando os estudantes durante as atividades. Além disso, oferece um Jogo da Memória, cujas peças estão representadas com textos, imagens e áudios. Este jogo conta com diferentes rodadas e um cronômetro que registra o tempo gasto pelo aluno em cada rodada, para

promover dinamismo e desafio. Rabello (2022) menciona que diferentes elementos incluídos em um aplicativo podem contribuir para que os estudantes se sintam protagonistas das atividades, despertando o interesse e ampliando a participação, a motivação e o engajamento.

Em síntese, o aplicativo AlgebrAR integra elementos clássicos da gamificação voltados a promover motivação, engajamento e protagonismo dos estudantes durante o processo de aprendizagem. Entre os recursos utilizados, destacam-se: situações-problema contextualizadas, que aproximam a matemática da realidade dos alunos e favorecem a construção de sentido; interação em RA, para tornar o aprendizado mais visual, dinâmico e lúdico; cenários familiares, para envolver os estudantes em ambientes significativos posicionando-os como protagonistas das atividades do aplicativo; personagens com diferentes reações e *feedback* imediato para favorecer a interação contínua e a tomada de decisão; Jogo da Memória que integra diferentes linguagens (matemática, língua materna e semiótica), com rodadas variadas e o uso do cronômetro para gerar dinamismo e senso de urgência. Assim, esses elementos foram pensados para proporcionar aos discentes uma experiência de aprendizagem imersiva, lúdica e interativa.

O capítulo seguinte apresentará o desenvolvimento, a descrição e funcionalidade, assim como algumas telas do aplicativo AlgebrAR, produto desta pesquisa. Além disso, serão abordadas as estratégias metacognitivas de leitura que estão presentes no AlgebrAR.

CAPÍTULO 3

O APLICATIVO AlgebrAR

Neste capítulo, são apresentados o desenvolvimento do aplicativo AlgebrAR, sua descrição e funcionalidade, bem como as estratégias metacognitivas que o aplicativo contempla.

3.1 Desenvolvimento do aplicativo AlgebrAR

Optou-se pelo desenvolvimento do aplicativo em ambiente *web*. Tal decisão justifica-se pela possibilidade de utilização do aplicativo em diferentes sistemas operacionais, como IOS, Android e Windows, assegurando uma maior abrangência. Ademais, por estar hospedado na *web*, o aplicativo dispensa a necessidade de instalação direta em dispositivos móveis, o que favorece a simplicidade do acesso e amplia a facilidade de uso pelos diferentes públicos.

No desenvolvimento do aplicativo, o *front-end*, responsável pela integração direta com o usuário, foi implementado utilizando HTML (*Hypertext Markup Language*) e CSS (*Cascading Style Sheets*). Para o *back-end*, empregou-se *JavaScript* em conjunto com a *Application Programming Interface* (API) denominada WebXR. A motivação das escolhas dessas tecnologias justifica-se pela capacidade de fornecer uma base sólida para o desenvolvimento e evolução do aplicativo AlgebrAR, assegurando tanto a estabilidade quanto a flexibilidade necessária para futuras modificações e aprimoramentos.

A WebXr consiste em uma API que viabiliza o acesso a dispositivos e capacidades de entrada e saída comumente associados às tecnologias de RA e RV. Sua utilização possibilita o desenvolvimento e a hospedagem de aplicações que oferecem experiências imersivas em RA e RV diretamente no ambiente *web*, ampliando a acessibilidade e a eficiência na disponibilização do aplicativo desenvolvido.

3.2 Descrição e funcionalidade do aplicativo AlgebrAR

O aplicativo AlgebrAR foi proposto para apoiar o ensino e o aprendizado dos alunos. Neste aplicativo, um aspecto a se destacar são as estratégias metacognitivas de leitura para facilitar o aprendizado dos estudantes em relação ao tema da Álgebra.

Pan, Ke e Xu (2022) mencionam que as tecnologias digitais contribuem para tornar o aprendizado da Álgebra mais envolvente, assim como ajudar os alunos a desenvolverem habilidades, como, resolução de problemas, pensamento lógico e capacidade de abstração. De acordo com os autores, alguns jogos digitais oferecem representações visuais e interativas de conceitos matemáticos, o que facilita a compreensão, não apenas da Álgebra, mas também de outros temas, como, Proporções, Geometria e Estatística. Arruda *et al.* (2025) asseveram que o uso de recursos tecnológicos como plataformas *online*, aplicativos e *softwares*, além de facilitar a compreensão de conceitos matemáticos pelos estudantes, permite aos professores adaptar as atividades às necessidades dos alunos, promovendo uma aprendizagem contextualizada e significativa, alinhada à realidade discentes.

O aplicativo AlgebrAR apresenta três desafios com situações-problema, cujas imagens estão disponibilizadas em RA, vistas de modo tridimensional. Nessas situações-problema são utilizadas estratégias metacognitivas que farão a interação entre a linguagem matemática, a língua materna e a linguagem semiótica. O aplicativo também apresenta um Jogo da Memória, que contempla pares de peças que misturam textos, imagens e áudios.

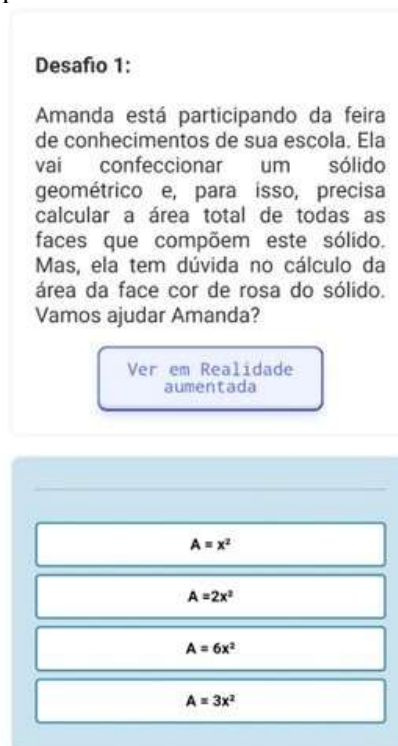
A seguir, são apresentadas algumas telas do AlgebrAR acompanhadas de suas funcionalidades.

Na Figura 3, observa-se a tela de *Menu* do aplicativo, composta por dois botões: “Iniciar Quiz” e “Tutorial”. Ao clicar em “Tutorial”, o estudante é direcionado para uma tela que orienta como irá responder os desafios utilizando o recurso da RA. Nesta tela, são fornecidas instruções detalhadas sobre o uso da RA no AlgebrAR. O tutorial esclarece que, ao clicar em “Ver em Realidade Aumentada”, o aplicativo solicitará a permissão para acesso à câmera e à RA do navegador. Em seguida, no ambiente de RA, o estudante deverá localizar uma superfície plana, sobre a qual será exibido um alvo, que, ao ser tocado, fará com que a figura virtual seja renderizada, permitindo a visualização e manipulação do objeto em RA.

Ao clicar em “Iniciar Quiz”, o estudante é direcionado para a tela do “Desafio 1” (cf. Figura 4), que se refere ao enunciado da primeira situação-problema com a sua imagem disponibilizada em RA. Vale salientar que as telas dos três desafios presentes no aplicativo apresentam situações-problema em linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica que correspondem ao uso da estratégia metacognitiva “Introduzir” (cf. Tabela 8).

Figura 3: Tela de *Menu* do aplicativo.

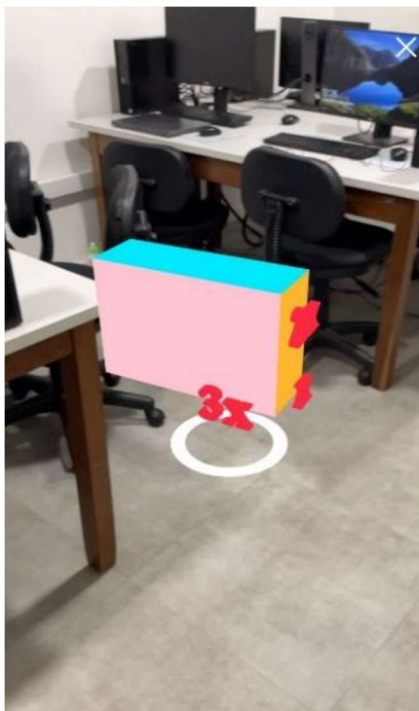
Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Figura 4: Tela do 1º desafio do aplicativo.

Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Ao clicar em “Ver em Realidade Aumentada” no primeiro desafio, aparecerá um alvo, e, ao clicar na tela, será renderizada uma imagem tridimensional correspondente a um sólido geométrico com medidas algébricas em suas arestas (cf. Figura 5). Caso o aluno erre o desafio, aparecerá uma personagem amigável com mensagens de incentivo para que não desista do problema (cf. Figura 6). Ao clicar em “Tentar novamente” (cf. Figura 6), o estudante será direcionado para a tela do “Desafio 1”, mas dessa vez haverá um botão com a pergunta “Vamos revisar?” (cf. Figura 7), na qual o estudante poderá clicar em “Sim” ou “Não”. Caso o estudante clique em “Não”, ele será redirecionado à tela do “Desafio 1” para que responda (cf. Figura 8).

Figura 5: Elemento do “Desafio 1” em RA.



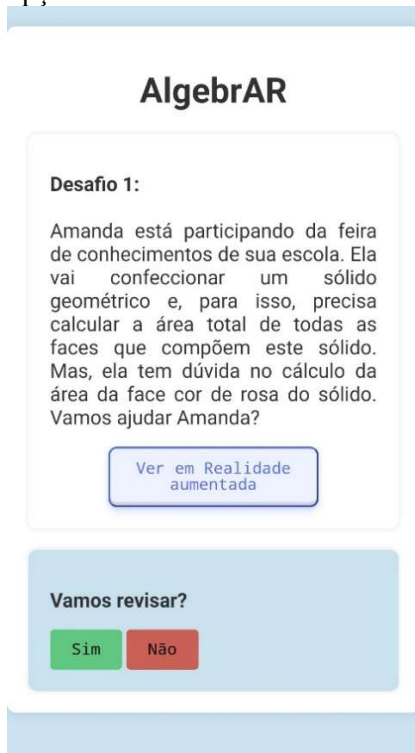
Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Figura 6: Reação da personagem amigável ao erro do estudante no desafio.



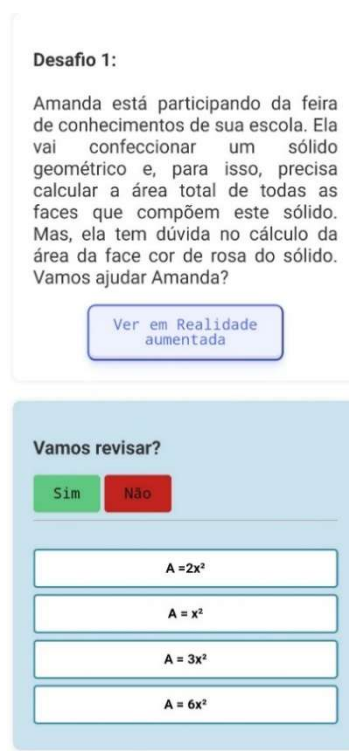
Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Figura 7: Tela do “Desafio 1” com opção de revisão



Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Figura 8: Tela após clicar em “Não”



Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Porém, clicando em “Sim”, abrirá uma tela correspondente à revisão sobre área de um retângulo com um exemplo resolvido (cf. Figura 9).

Figura 9: Tela de revisão do “Desafio 1”.

Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Esta revisão oportuniza o aluno ver em RA uma peça que destaca o comprimento e a altura, escritos em língua materna, de uma das suas faces, que são as medidas essenciais para a compreensão do exemplo resolvido (cf. Figura 10).

As telas de revisão apresentam exemplos resolvidos de maneira detalhada, passo a passo, em linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica, que correspondem ao uso da estratégia metacognitiva “Lembrar” (cf. Tabela 8), onde o aluno terá a oportunidade de revisar a Álgebra utilizando essas três linguagens.

Nas revisões que o aplicativo contempla, o estudante poderá refletir sobre cada passo dado, monitorando e autorregulando a sua compreensão. Sempre que necessário, é possível o aluno retornar ao passo anterior em qualquer dos exemplos resolvidos, caso não haja compreensão. Este procedimento corresponde ao uso da estratégia metacognitiva “Refletir” (cf. Tabela 8). No final das revisões, há um botão “Desafio” (cf. Figura 9), que permite o estudante retornar ao desafio para tentar resolver novamente.

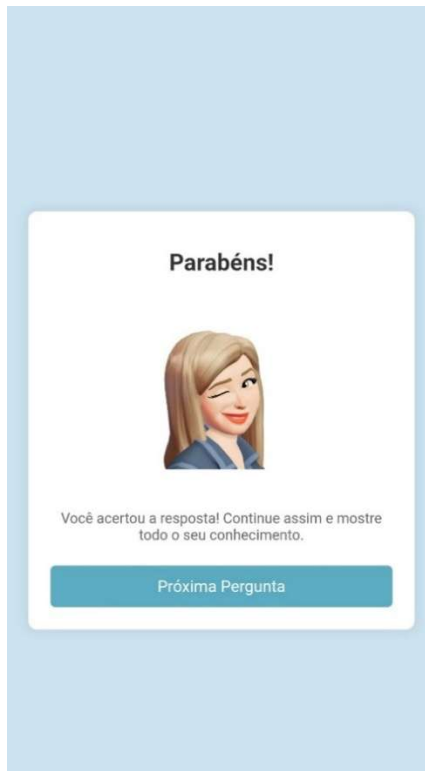
Sempre que o aluno acerta os desafios, aparece automaticamente a tela com uma personagem amigável parabenizando-o, além de um botão “Próxima pergunta” (cf. Figura 11) para que ele siga para o próximo desafio.

Figura 10: Elemento da revisão do “Desafio 1” em RA.



Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

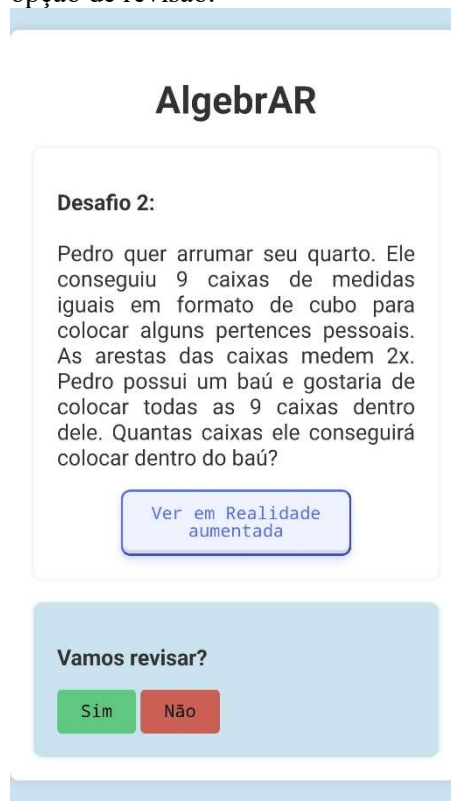
Figura 11: Reação da personagem amigável quando o aluno acerta o desafio.



Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

A Figura 12 apresenta a tela do “Desafio 2” com a opção de revisão para o estudante, e a Figura 13 apresenta o objeto da situação-problema deste desafio em RA. A revisão do “Desafio 2” contempla um exemplo resolvido passo a passo sobre volume de um paralelepípedo, em que o aluno tem a oportunidade de ver uma imagem em RA, na qual são destacadas medidas como largura e altura (cf. Figura 14). Vale salientar que, na imagem da Figura 14, o recurso de RA possibilita que o aluno também visualize o comprimento do objeto, pois, ao girar o celular, ele consegue ter uma visão tridimensional. Todas as medidas destacadas na imagem também estão escritas em língua materna. Porém, para a revisão do “Desafio 2”, é essencial que o estudante tenha acesso à visualização tridimensional do objeto, para que compreenda a resolução passo a passo do exemplo proposto. Depois que acerta todos os desafios, o aplicativo leva o estudante, automaticamente, para a tela da personagem amigável que o parabeniza pelo término dos desafios (cf. Figura 15).

Figura 12: Tela do “Desafio 2” com opção de revisão.



Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Figura 13: Elemento do “Desafio 2” em RA.



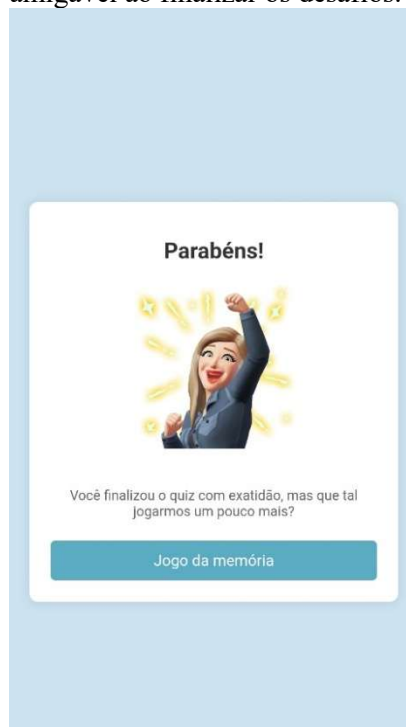
Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Figura 14: Elemento da revisão do “Desafio 2” em RA.



Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Figura 15: Reação da personagem amigável ao finalizar os desafios.



Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Nesta mesma tela há um botão “Jogo da memória”, que, ao clique, dará início ao jogo cujo objetivo é encontrar pares de uma expressão algébrica (cf. Figura 16). As peças do jogo contemplam elementos em textos, imagens e áudios. Um aspecto a destacar no jogo é a presença de peças com áudio, constituindo um elemento de inovação em um jogo da memória matemático.

No Jogo da Memória existe um temporizador que marca o tempo em que o aluno leva para concluir cada partida. O Jogo da Memória do AlgebrAR tem como objetivo encontrar pares de peças que se correspondem. Todas as partidas do Jogo da Memória do aplicativo têm peças em linguagem matemática, língua materna ou linguagem semiótica. Cada par de peças contempla duas linguagens, dentre as seguintes: linguagem matemática, língua materna ou linguagem semiótica. Em outras palavras, destas três linguagens, cada par se apresenta em duas linguagens diferentes. Se o estudante tecla em uma peça em que aparecem, por exemplo duas bananas e um abacaxi, conforme Figura 19, que está em linguagem semiótica, o estudante terá que procurar a peça correspondente, mas que agora estará em linguagem matemática ou língua materna. Caso o estudante acerte, o par de peças ficará fixo, virado para cima, ou seja, o par de peças correspondentes ficará à mostra. Mas, caso o aluno erre, as peças se viram, ficando emborcadas para que o discente tente novamente achar essa correspondência, ou até mesmo um outro par.

É importante salientar que, em uma partida do Jogo da Memória, as peças estão sempre nos mesmos lugares, sendo interessante que o discente memorize as suas posições para que consiga terminar o jogo mais rápido. Cada partida possui dezesseis peças, ou seja, oito pares de peças, sendo finalizada quando se acham os oito pares de peças correspondentes. A Figura 17 apresenta uma peça com texto e a Figura 18 uma peça com imagem. Por um determinado tempo, esta imagem se expande para uma melhor visualização (cf. Figura 19). Já a Figura 20 mostra uma peça com áudio. Por fim, a Figura 21 mostra como fica o jogo ao acertar alguns pares de peças correspondentes.

Figura 16: Tela do Jogo da Memória.



Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Figura 17: Tela do Jogo da Memória com peça de texto virada.



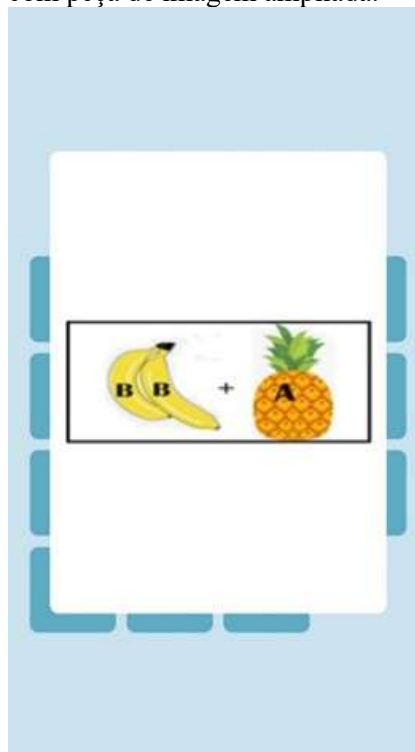
Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Figura 18: Tela do Jogo da Memória com peça de imagem virada.



Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Figura 19: Tela do Jogo da Memória com peça de imagem ampliada.



Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Figura 20: Tela do Jogo da Memória com peça de áudio virada.



Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Figura 21: Tela do Jogo da Memória com pares de peças acertados.



Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Diante do exposto, observa-se que o aplicativo AlgebrAR foi estruturado de modo a integrar diferentes linguagens (linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica) em um ambiente interativo que pode estimular a participação ativa do estudante. Ao articular elementos simbólicos, textuais, visuais, gráficos, espaciais e auditivos, bem como ao incorporar estratégias metacognitivas de leitura, o aplicativo cria condições para que o discente não apenas execute tarefas, mas também atribua significados às atividades propostas, favorecendo processos de interpretação e compreensão da temática da Álgebra.

3.3 As estratégias metacognitivas de leitura presentes no aplicativo AlgebrAR

Diante das dificuldades apresentadas pelos discentes em relação ao aprendizado da Álgebra, a presente pesquisa propõe utilizar estratégias metacognitivas de leitura. Em consonância com Leffa (1996) e Bristol (2016), as estratégias metacognitivas estão contempladas no aplicativo AlgebrAR e são apresentadas nas seguintes etapas: i) Introduzir; ii) Lembrar; iii) Refletir iv) Aplicar e v) Compreender (cf. Tabela 8).

No que diz respeito à definição de estratégias metacognitivas, Solé (1998, p.70) destaca:

Se considerarmos que as estratégias de leitura são procedimentos de ordem elevada que envolvem o cognitivo e o metacognitivo, no ensino elas não podem ser tratadas como técnicas precisas, receitas infalíveis ou habilidades específicas. O que caracteriza a mentalidade estratégica é sua capacidade de representar e analisar os problemas e a flexibilidade para encontrar soluções.

A autora enfatiza que, em situações de ensino-aprendizagem, o professor deve proporcionar aos seus alunos a quantidade de “andaimes” (p. 77) necessários para que possam dominar progressivamente as estratégias metacognitivas, aplicando-as, assim, nas diferentes áreas do saber. Dessa forma, alinhada ao estudo de Solé (1998), propõe-se que as etapas das estratégias metacognitivas, presentes no aplicativo, contemplem características próprias, pensadas com o intuito de facilitar o ensino e o aprendizado da Álgebra. Destacam-se:

- Introduzir: Esta etapa corresponde à introdução de três situações-problema elaboradas de acordo com a realidade sociocultural do aluno, utilizando linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica, disponibilizadas no AlgebrAR, para o estudante resolver;
- Lembrar: Caso o estudante erre a resolução da situação-problema, há uma pergunta “Vamos revisar?” com revisões oportunizadas para que ele utilize os conhecimentos prévios e resolva as situações-problema. Nessas revisões são apresentados exemplos resolvidos, passo a passo, em linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica;
- Refletir: Nos exemplos resolvidos passo a passo, o estudante terá oportunidade de refletir sobre cada passo dado, monitorando e autorregulando a sua compreensão, podendo, a qualquer momento, voltar ao passo anterior do exemplo resolvido, caso não haja a compreensão;
- Aplicar: Nesta etapa, o aluno irá direcionar as estratégias metacognitivas presentes nas etapas anteriores para serem aplicadas nas situações-problema do aplicativo;
- Compreender: Havendo autonomia discente diante do uso das estratégias metacognitivas, que visam facilitar o aprendizado, espera-se que o aluno tenha compreendido as situações-problema presentes no aplicativo.

Além das três situações-problema presentes no AlgebrAR, este também contempla o Jogo da Memória, o qual apresenta expressões algébricas de maneira divertida e interativa. As peças do jogo estão apresentadas em linguagem matemática, língua materna e linguagem

semiótica, envolvendo textos, imagens e áudios, para facilitar a compreensão do tema. Um aspecto a destacar no Jogo da Memória do AlgebrAR é que algumas peças emitem uma saída audível, permitindo a elocução de expressões algébricas. O objetivo do jogo é estimular o aprendizado e a memorização de conceitos algébricos de forma lúdica. As peças do jogo foram desenvolvidas para promover a interação dos alunos com as expressões algébricas, permitindo que eles associem visual e auditivamente os conceitos algébricos. Essa abordagem visa facilitar a compreensão do conteúdo, tornando o aprendizado mais dinâmico, envolvente e motivador.

No capítulo seguinte, será apresentada a descrição do desenho metodológico da pesquisa, com detalhamento da população de estudo, o tipo da pesquisa, como se deu a coleta e o tratamento dos dados.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

Esta pesquisa tem como objetivo investigar se o uso de estratégias metacognitivas de leitura irá contribuir para uma melhor interação entre a linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica em situações-problema envolvendo a Álgebra, utilizando, para tanto, um aplicativo de RA como ferramenta de apoio ao ensino e aprendizado.

Neste capítulo serão detalhados os procedimentos metodológicos adotados. A investigação contou com a participação de vinte e quatro alunos do nono ano do Ensino Fundamental de uma escola da Rede Estadual de Ensino, que fizeram a experimentação do aplicativo AlgebrAR e, em seguida, a avaliação do por meio de três questionários. Esta pesquisa é de cunho qualitativo e quantitativo. A coleta dos dados foi autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 91656625.2.0000.5206). Após a coleta, obtida através dos três questionários de avaliação discentes, os dados foram submetidos a procedimentos de análise e tratamento.

4.1 População de estudo

Como primeiro aspecto a ser considerado nesta seção, vale salientar que esta pesquisa foi submetida e devidamente aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) de uma Universidade Comunitária (cf. APÊNDICE A). Para tanto, os alunos, pais/mães ou responsáveis legais assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (cf. APÊNDICE B) além do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido – TALE (cf. APÊNDICE C).

A investigação ocorreu em uma turma de nono ano do EF de uma escola pública da Rede Estadual de Pernambuco, onde, com o acompanhamento da professora pesquisadora e do seu orientador, vinte e quatro alunos fizeram o uso e, logo depois, a avaliação do aplicativo AlgebrAR, que envolve o tema da Álgebra em situações-problema. Os estudantes responderam a três questionários de avaliação (cf. APÊNDICE D).

4.2 Tipo de pesquisa

Esta pesquisa é de cunho qualitativo e quantitativo.

4.3 Coleta de dados

Os vinte e quatro alunos que participaram da pesquisa foram organizados em dois grupos. O primeiro grupo contou com treze estudantes, enquanto o segundo com onze. Essa divisão teve como objetivo garantir espaço adequado para que todos os alunos pudessem visualizar os objetos em RA. É importante destacar que não houve qualquer comunicação entre os alunos dos dois grupos durante a aplicação, ou seja, os participantes do segundo grupo só ingressaram no local da aplicação, em conjunto, após a saída, completa e em conjunto, dos participantes do primeiro grupo.

Cada aluno fez uso do aplicativo. A aplicação foi realizada na biblioteca da escola, por ser um local confortável para os estudantes e aplicadores (ambiente climatizado e com um número de mesas e cadeiras suficientes para a quantidade de alunos) e ser um espaço adequado para os estudantes visualizarem as imagens em RA presentes no AlgebrAR. Logo após o uso do aplicativo, cada aluno realizou uma avaliação, respondendo a três questionários, nos quais foram avaliados o potencial e a adequação das estratégias metacognitivas em um aplicativo de RA no ensino e aprendizado da álgebra.

- a) No primeiro questionário de avaliação, os discentes responderam SIM ou NÃO a dez questões:
- i. O aplicativo é fácil de usar?
 - ii. A tecnologia de Realidade Aumentada (RA), utilizada no aplicativo, contribuiu para um melhor entendimento dos problemas?
 - iii. Você recomenda a um colega a opção “Você quer revisar” disponibilizada no aplicativo?
 - iv. Ficaram claras as resoluções passo a passo dos exemplos nas revisões?
 - v. Considera úteis as resoluções passo a passo?
 - vi. Você gostou do Jogo da Memória?
 - vii. Você já havia utilizado algum jogo da memória?
 - viii. Se sua resposta da pergunta anterior foi sim, o jogo envolvia textos, imagens e áudios?

- ix. Você achou interessante a combinação de textos, imagens e áudios presentes nas atividades do aplicativo?
- x. Você se sente motivado em usar o aplicativo para aprender a Álgebra?

b) No segundo questionário de avaliação, os discentes se manifestaram em relação a oito afirmativas sobre o aplicativo utilizando uma Escala Likert de cinco pontos: 1. Discordo totalmente; 2. Discordo; 3. Neutro; 4. Concordo e 5. Concordo totalmente. As afirmativas foram:

- i. A combinação de textos, imagens e cores presentes na revisão facilita a compreensão dos exemplos resolvidos;
- ii. Está fácil de entender o passo a passo dos exemplos resolvidos;
- iii. Se eu tiver dificuldade em entender algum passo dos exemplos resolvidos, posso voltar ao passo anterior para compreender melhor;
- iv. O Jogo da Memória, com uma combinação de textos, imagens, cores e áudios, é mais motivador do que seria o mesmo jogo apenas com textos;
- v. O aplicativo traz problemas que fazem parte do meu cotidiano, de modo que me sinto motivado em resolvê-los;
- vi. Eu recomendaria o aplicativo a um colega;
- vii. Eu sugiro o aplicativo como um recurso didático para ser utilizado em sala de aula;
- viii. Acho divertido usar o aplicativo e realizar as suas atividades com toda a combinação de textos, imagens, cores e áudios presentes em suas atividades.

c) No terceiro questionário de avaliação, os discentes foram solicitados a declarar preferência em cinco pares de telas do aplicativo, assim discriminados: o primeiro par se refere ao uso ou não da Realidade Aumentada; o segundo, terceiro e quarto pares dizem respeito ao uso ou não de estratégias metacognitivas de leitura, ao passo que o quinto par se refere à utilização ou não da linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica.

Conforme ilustrado na Figura 22, o pareamento das telas foi o seguinte:

- i. Sem o uso da Realidade Aumentada (Tela A1);
- ii. Com o uso da Realidade Aumentada (Tela A2).

Conforme ilustrado nas Figuras 23, 24 e 25, o pareamento das telas ocorreu da seguinte forma:

- i. Sem o uso das estratégias metacognitivas de leitura (Telas B1, C1, D1);
- ii. Com o uso das estratégias metacognitivas de leitura (Telas B2, C2, D2).

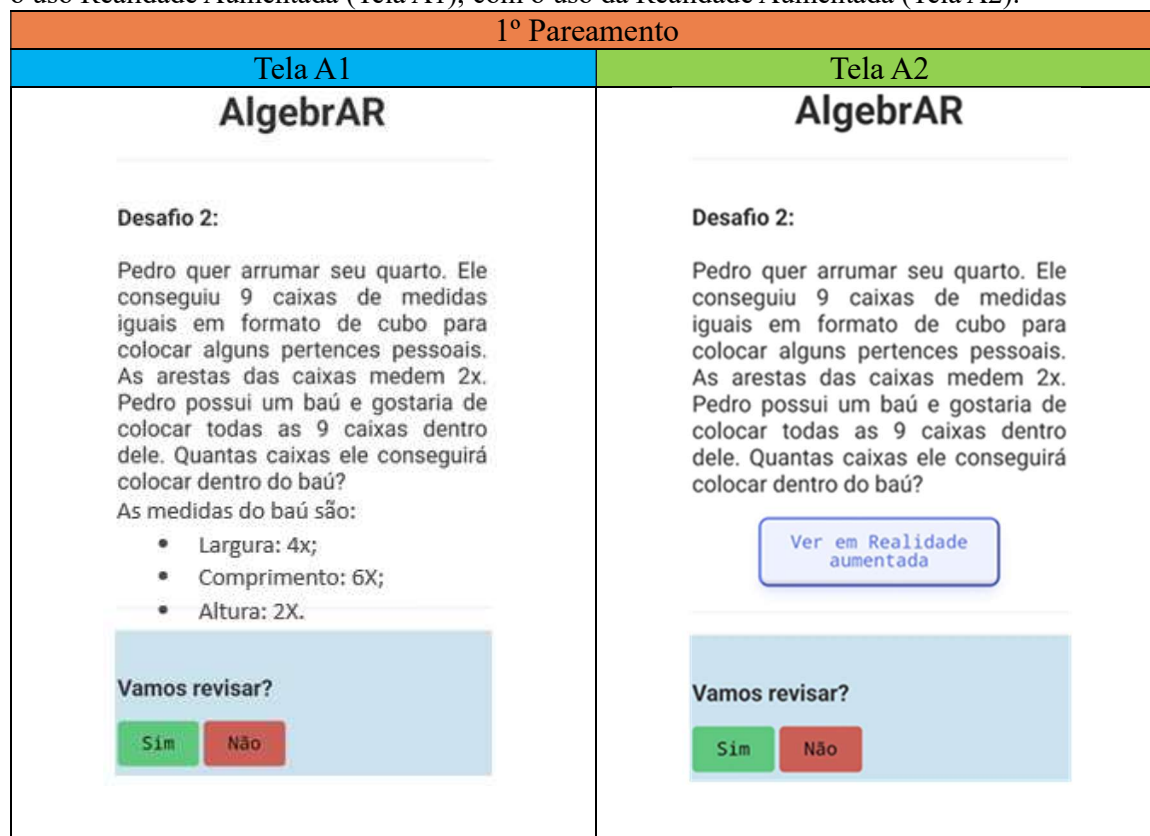
Conforme ilustrado na Figura 26, o pareamento das telas ocorreu da seguinte forma:

- i. Sem o uso da linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica (Tela E1);
- ii. Com o uso da linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica (Tela E2).

Particularmente, a Figura 26 apresenta o Jogo da Memória: na Tela E1, as peças são exibidas em linguagem matemática e língua materna, enquanto na E2 as peças aparecem em linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica.

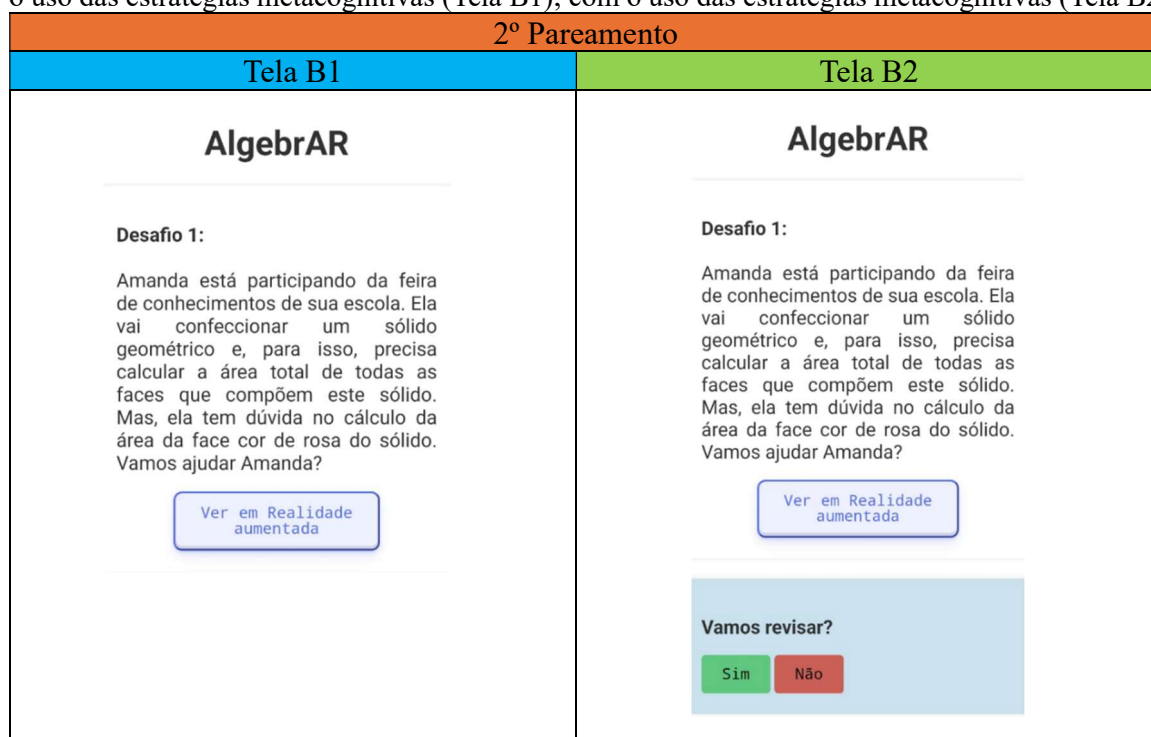
Para cada um dos cinco pares, o estudante escolheu uma das telas que lhe foram apresentadas.

Figura 22: Primeiro par de telas referentes ao formulário de avaliação de preferência dos discentes: sem o uso Realidade Aumentada (Tela A1); com o uso da Realidade Aumentada (Tela A2).



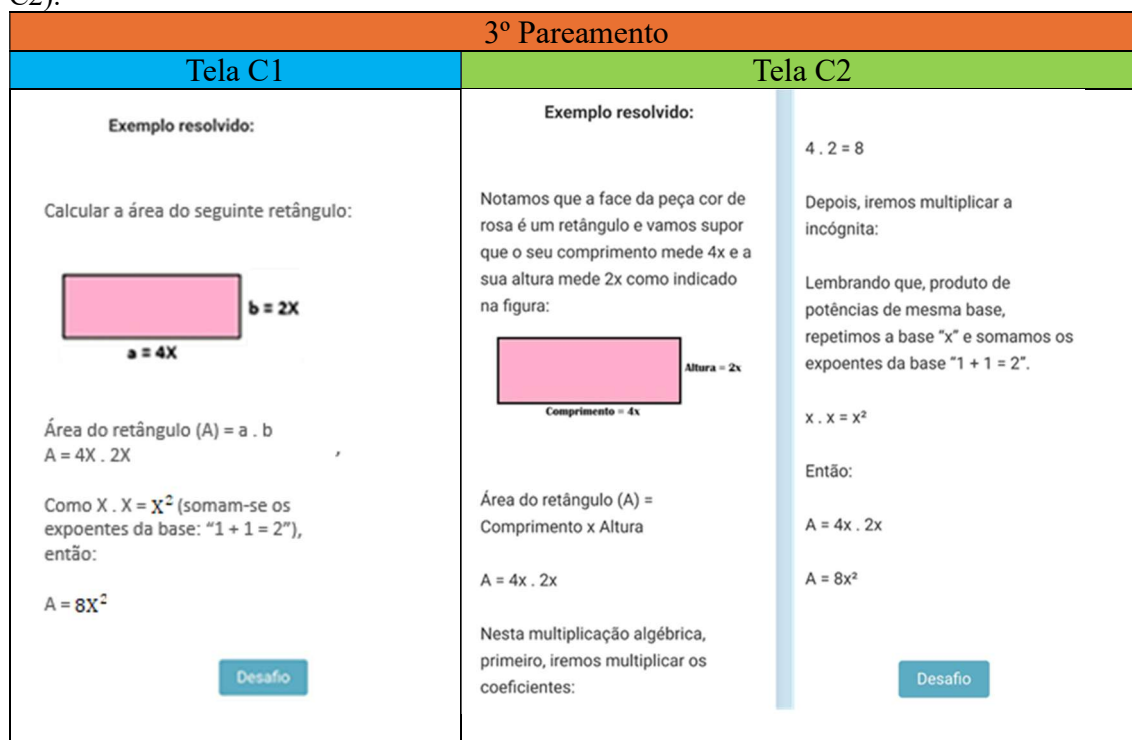
Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Figura 23: Segundo par de telas referentes ao formulário de avaliação de preferência dos discentes: sem o uso das estratégias metacognitivas (Tela B1); com o uso das estratégias metacognitivas (Tela B2).



Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Figura 24: Terceiro par de telas referentes ao formulário de avaliação de preferência dos discentes: sem o uso das estratégias metacognitivas (Tela C1); com o uso das estratégias metacognitivas (Tela C2).





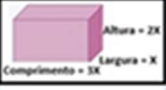
Fonte: A autora. Imagem capturada do *App*.

Figura 25: Quarto par de telas referentes ao formulário de avaliação de preferência dos discentes: sem o uso das estratégias metacognitivas (Tela D1); com o uso das estratégias metacognitivas (Tela D2).

4º Pareamento	
Tela D1	Tela D2
<p>AlgebrAR</p> <p>Desafio 1:</p> <p>Agora, que tal ajudar Amanda a calcular a área total das 6 faces do sólido?</p> <p>Ver em Realidade aumentada</p> <p>Responder</p> <p>A = $23x^2$</p> <p>A = $21x^2$</p> <p>A = $22x^2$</p> <p>A = $20x^2$</p>	<p>AlgebrAR</p> <p>Desafio 1:</p> <p>Agora, que tal ajudar Amanda a calcular a área total das 6 faces do sólido?</p> <p>Ver em Realidade aumentada</p> <p>Selecione o tamanho de cada face:</p> <p>Roxo</p> <p><input type="checkbox"/> x^2</p> <p><input type="checkbox"/> $6x^2$</p> <p><input type="checkbox"/> $2x^2$</p> <p><input type="checkbox"/> $3x^2$</p> <p>Amarelo</p> <p><input type="checkbox"/> x^2</p> <p><input type="checkbox"/> $2x^2$</p> <p><input type="checkbox"/> $6x^2$</p> <p><input type="checkbox"/> $3x^2$</p> <p>Laranja</p> <p><input type="checkbox"/> $2x^2$</p> <p><input type="checkbox"/> $4x^2$</p> <p><input type="checkbox"/> $6x^2$</p> <p><input type="checkbox"/> $3x^2$</p> <p>Vermelho</p> <p><input type="checkbox"/> $2x^2$</p> <p><input type="checkbox"/> x^2</p> <p><input type="checkbox"/> $3x^2$</p> <p><input type="checkbox"/> $6x^2$</p> <p>Rosa</p> <p><input type="checkbox"/> $3x^2$</p> <p><input type="checkbox"/> $2x^2$</p> <p><input type="checkbox"/> $6x^2$</p> <p><input type="checkbox"/> x^2</p> <p>Azul</p> <p><input type="checkbox"/> $3x^2$</p> <p><input type="checkbox"/> $6x^2$</p> <p><input type="checkbox"/> $2x^2$</p> <p><input type="checkbox"/> x^2</p> <p>Responder</p> <p>A = $23x^2$</p> <p>A = $21x^2$</p> <p>A = $22x^2$</p> <p>A = $20x^2$</p>

Fonte: A autora. Imagem capturada do APP.

Figura 26: Quinto par de telas referentes ao formulário de avaliação de preferência dos discentes: peças com a linguagem matemática e língua materna (Tela E1); peças com linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica (Tela E2).

5º Pareamento	
Tela E1	Tela E2
<p>Dois M mais dois L</p> <p>$V = 6X^3$</p> <p>O Cubo de um número mais 3</p> <p>$X^3 + 3$</p> <p>$2M + 2L$</p> <p>$V = 3X \cdot X \cdot 2X$</p>	<p>$2M + 2L$</p> <p>$V = 3X \cdot X \cdot 2X$</p> <p>$X^3 + 3$</p> <p></p> <p></p> <p></p>

Fonte: A autora. Imagem capturada do App.

No que tange a este questionário destaca-se:

- I. A tela A2 (cf. Figura 22) apresenta uma situação-problema que cumpre o que se pretende com a primeira etapa das estratégias metacognitivas “Introduzir” (cf. Tabela 8), ou seja, foi introduzido um problema, de acordo com a realidade sociocultural do aluno, no qual são utilizadas linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica. Esta última será apresentada a partir do momento em que o estudante clica no botão “Ver em Realidade Aumentada”. Neste instante, é projetado um sólido geométrico em um ambiente que permite uma visualização tridimensional com as faces coloridas e medidas algébricas. Comparando a tela A1 com a A2, na primeira não se observam os elementos de linguagem semiótica que estão presentes na tela A2. Em se tratando de introdução, no âmbito das estratégias metacognitivas, o objetivo deste par de telas é avaliar se os estudantes preferem o cenário da combinação de três elementos (linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica) ou de apenas dois (linguagem matemática e língua materna);
- II. Na tela B2 (cf. Figura 23), além de apresentar um problema de acordo com a realidade sociocultural do aluno, em que são utilizadas a linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica (etapa “Introduzir”), é apresentada uma etapa a mais - “Lembrar” (cf. Tabela 8) - que corresponde à segunda etapa das estratégias metacognitivas, através da opção “Vamos revisar?”. Ao comparar a tela B1 com a B2, percebe-se que a primeira não apresenta a referida etapa (Lembrar), não oportunizando o estudante de utilizar os conhecimentos prévios;
- III. A tela C2 (cf. Figura 24) apresenta um exemplo resolvido que cumpre o que se pretende com a segunda e a terceira etapas das estratégias metacognitivas “Lembrar” e “Refletir” (cf. Tabela 8), respectivamente. A referida tela apresenta um exemplo resolvido passo a passo em linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica (etapa “Lembrar”). A presença de um maior detalhamento na resolução de um exemplo, com instruções passo a passo, proporciona ao aluno a oportunidade de refletir acerca dos seus próprios conhecimentos. Esse processo permite que ele monitore e autorregule a sua compreensão (etapa “Refletir”), podendo retornar a um passo anterior caso não tenha entendido. Assim, quanto mais detalhada for a resolução do exemplo, maior será a chance de o estudante refletir sobre os seus próprios conhecimentos. A tela C1 oferece uma abordagem mais concisa, com menos detalhe na resolução, não apresentando, assim, um passo a passo que possa vir a estimular o aluno a refletir sobre seus próprios conhecimentos, podendo limitar a oportunidade de monitorar sua compreensão e autorregular seu aprendizado, uma vez que a ausência de informações detalhadas reduz

a possibilidade de retornar a etapas anteriores para consolidar a compreensão. Assim, a abordagem da tela C2 pode ser relacionada às estratégias metacognitivas propostas por Solé (1998) e Leffa (1996), que enfatizam o papel da reflexão e do monitoramento na aprendizagem;

- IV. A tela D2 (cf. Figura 25) apresenta um problema que traz uma pergunta referente à primeira situação-problema que o aplicativo disponibiliza (cf. Figura 22). Porém, a tela D2 apresenta seis passos para o estudante resolver o problema, enquanto a tela D1 não apresenta. Seguindo os passos destacados por seis cores diferentes, o aluno terá a oportunidade de refletir acerca dos seus próprios conhecimentos ao calcular a área de cada face do sólido geométrico, por cor, no total de seis faces. Caso o estudante perceba que calculou a área de alguma face errada, ele terá a oportunidade de voltar a algum passo do problema e refazer os cálculos até encontrar o resultado correto, tendo, assim, a oportunidade de monitorar e autorregular a sua compreensão;
- V. A tela E2 (cf. Figura 26) apresenta um Jogo da Memória que não utiliza as estratégias metacognitivas. No entanto, as peças estão em linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica. Nesta, os elementos são representados com textos, imagens, cores e áudios. Essa diversidade de peças presentes neste jogo estimula o aluno à reflexão sobre diferentes formas de representação do seu próprio conhecimento, diferentemente da tela E1, que apresenta peças que utilizam apenas a linguagem matemática e a língua materna.

4.4 Tratamento dos dados

Após a coleta dos dados obtidos por meio dos três questionários de avaliação, preenchidos individualmente pelos alunos, foi realizada uma análise dos referidos dados.

Foram avaliados o impacto das estratégias metacognitivas de leitura na interação entre a linguagem matemática, a língua materna e a linguagem semiótica nas atividades desenvolvidas no aplicativo de RA. Além disso, foram analisados aspectos como usabilidade do aplicativo, engajamento e motivação dos alunos, permitindo, assim, uma maior compreensão da contribuição das estratégias metacognitivas para o ensino e a aprendizagem da Álgebra.

No primeiro questionário de avaliação, calculou-se o percentual das respostas dos alunos de cada uma das dez questões, conforme detalhamento das questões na Seção 4.3, item “a)”. Assim, foram obtidos dez valores percentuais.

No segundo questionário de avaliação, foi calculada uma média para cada uma das oito afirmativas, conforme detalhado na Seção 4.3, item “b)”. Dessa forma, ao final do segundo questionário, foram obtidas oito médias.

No terceiro questionário de avaliação, calculou-se o percentual das respostas de cada tela nos cinco pareamentos, conforme detalhado na Seção 4.3, item “c)”. Escolheu-se uma entre duas telas pareadas (Tela A1 ou Tela A2, por exemplo). É importante destacar que, nos pareamentos, alguns alunos não responderam, optando por deixar questões em branco, resultando em respostas classificadas como “Em branco”. Dessa forma, além dos percentuais de preferência referentes às Telas A1 e A2, por exemplo, foi também calculado o percentual da resposta “Em branco” para cada pareamento.

Neste terceiro questionário de avaliação, por exemplo, a primeira questão, que corresponde ao primeiro pareamento, há três valores percentuais: O percentual de escolha pela Tela A1, pela Tela A2 e também o percentual da resposta “Em branco”. Assim, em cada pareamento, há um total de três valores percentuais calculados. Como há cinco pareamentos de telas, existirá um total de quinze valores percentuais.

Baseado na metodologia aqui exposta, o próximo capítulo apresenta as discussões acerca dos resultados encontrados após a aplicação do AlgebrAR com os estudantes.

CAPÍTULO 5

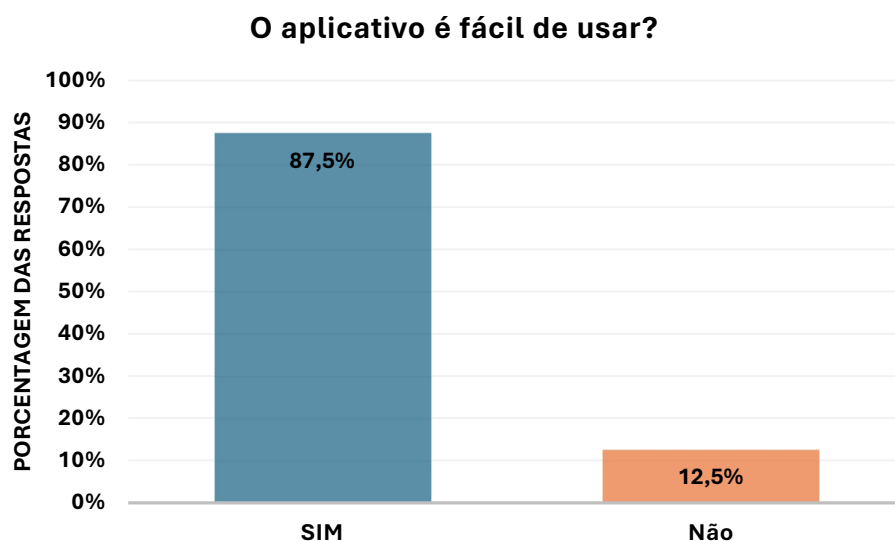
RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, são apresentados os resultados obtidos a partir dos três questionários aplicados com os alunos que avaliaram o aplicativo AlgebrAR quanto ao potencial e a adequação das estratégias metacognitivas para uma melhor interação da linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica no ensino e aprendizado da Álgebra.

As Figuras 27 a 36 apresentam, por meio de gráficos de barras, os resultados, em porcentagem (%), decorrentes do primeiro questionário de avaliação aplicado aos discentes considerando cada uma das perguntas e suas respectivas respostas (“SIM” e “NÃO”).

A Figura 27 mostra que os estudantes consideraram o aplicativo fácil de ser utilizado, com 87,5% na resposta “SIM”.

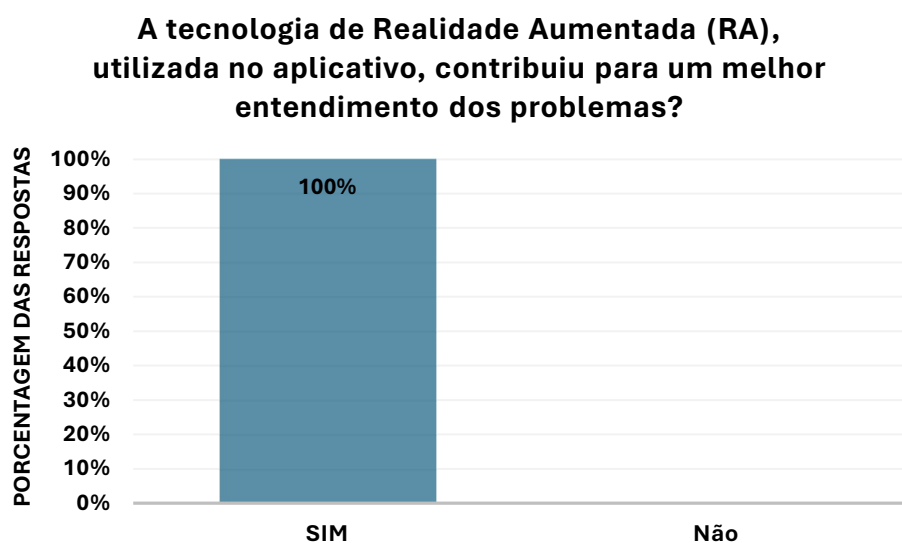
Figura 27: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à primeira pergunta.



Fonte: A autora.

A Figura 28 indica que os estudantes gostaram das visualizações das imagens relacionadas aos problemas em RA, pois foram unânimes em responder que a tecnologia de RA, utilizada no aplicativo, contribuiu para um melhor entendimento dos problemas.

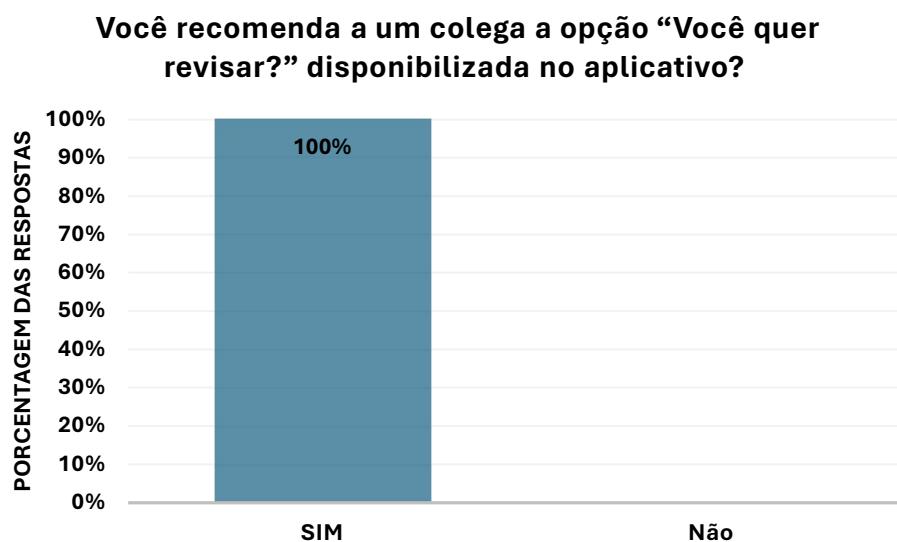
Figura 28: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à segunda pergunta.



Fonte: A autora.

A Figura 29 mostra que os estudantes também foram unânimes em responder que recomendariam a um colega a opção “Você quer revisar?” disponibilizada no aplicativo, que corresponde à estratégia metacognitiva “Lembrar” (cf. Tabela 8).

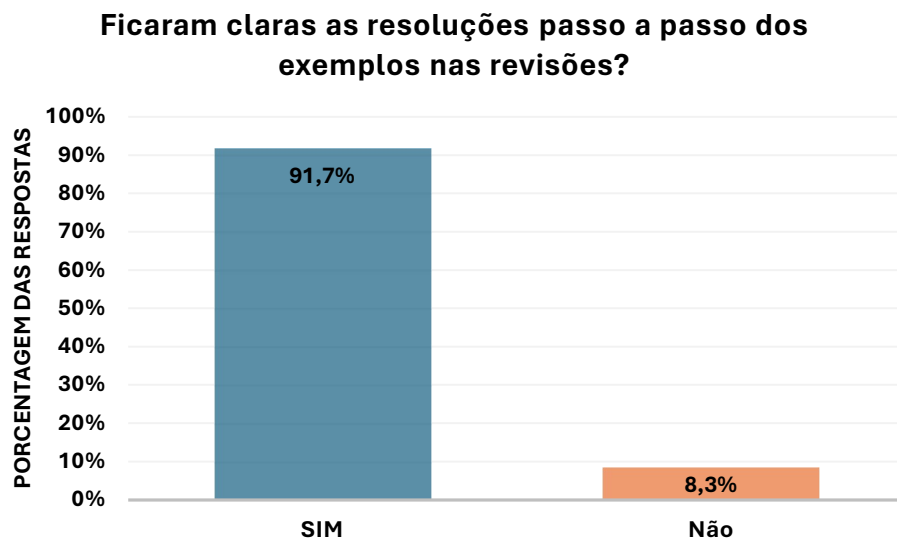
Figura 29: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à terceira pergunta.



Fonte: A autora.

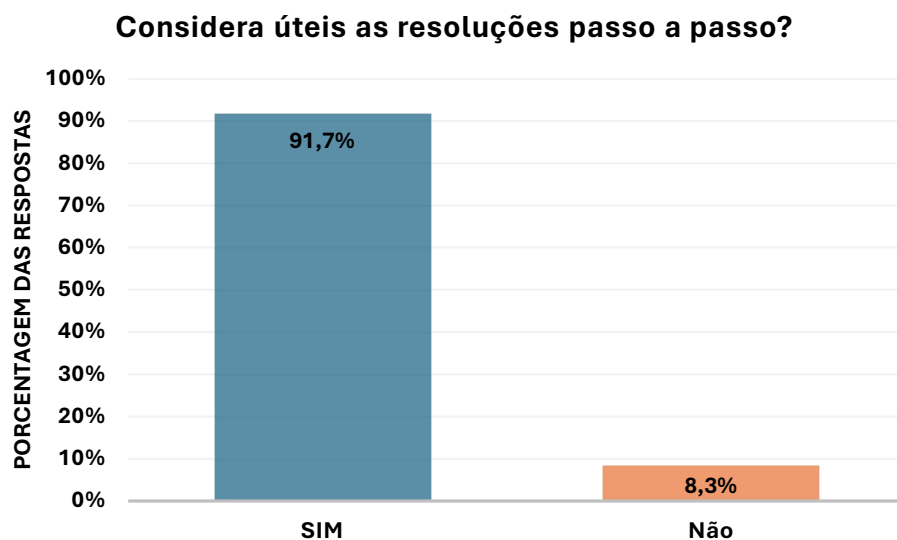
De acordo com as Figuras 30 e 31, a grande maioria dos alunos (91,7%) respondeu que consideraram claras e úteis as resoluções passo a passo dos exemplos das revisões.

Figura 30: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à quarta pergunta.



Fonte: A autora.

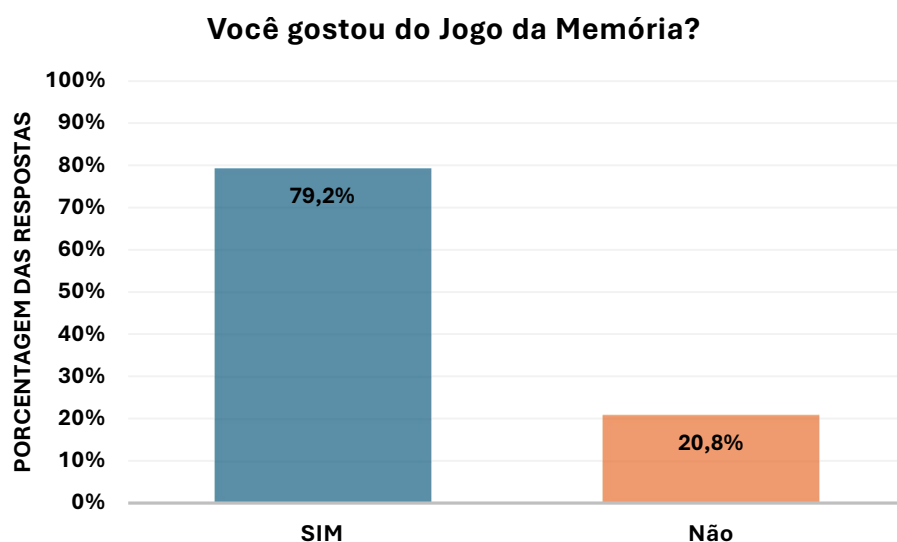
Figura 31: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à quinta pergunta.



Fonte: A autora.

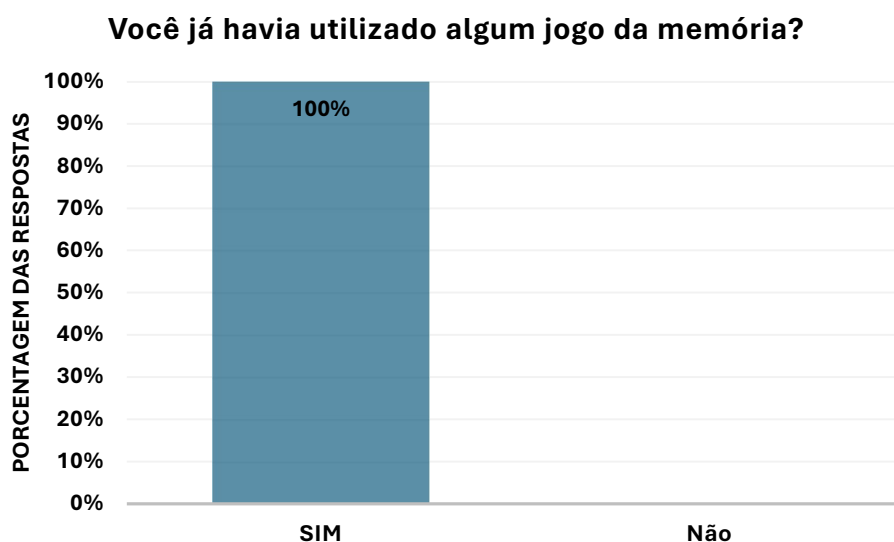
A Figura 32 aponta que a maioria dos estudantes apreciou do Jogo da Memória, com 79,2% na resposta “SIM”. Conforme a Figura 33, todos os discentes afirmaram já terem utilizado algum jogo da memória.

Figura 32: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à sexta pergunta.



Fonte: A autora.

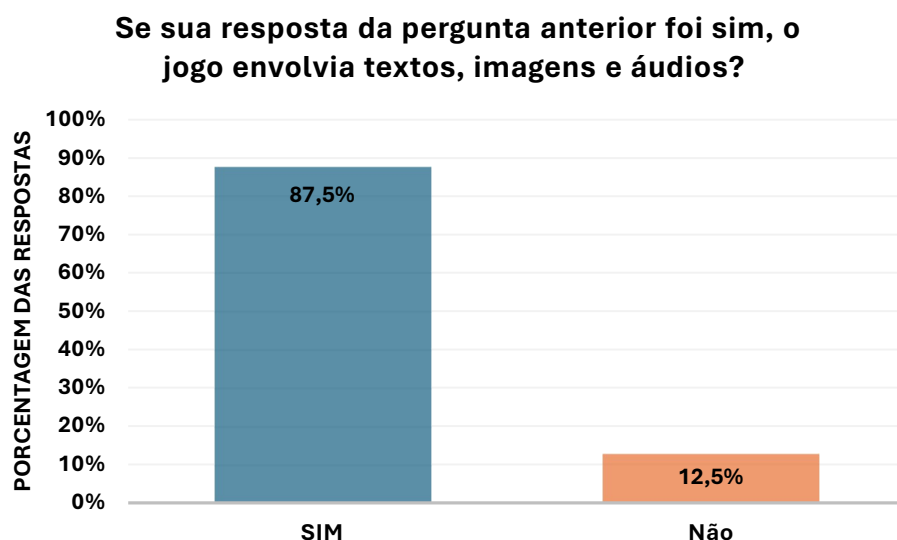
Figura 33: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à sétima pergunta.



Fonte: A autora.

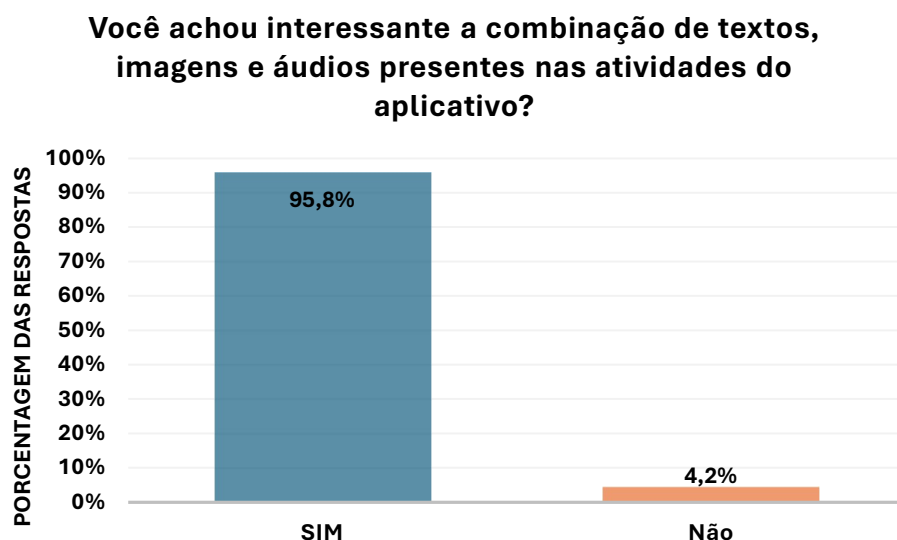
Já a Figura 34 revela que 87,5% dos estudantes responderam que o jogo utilizado envolvia textos, imagens e áudios, embora não seja possível identificar em qual área do conhecimento essa experiência ocorreu. A Figura 35 aponta que grande maioria dos estudantes (95,8%) considerou interessante a combinação de textos, imagens e áudios presentes nas atividades do aplicativo, revelando, assim, o impacto positivo da interação das três linguagens (linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica) nas atividades do AlgebrAR.

Figura 34: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à oitava pergunta.



Fonte: A autora.

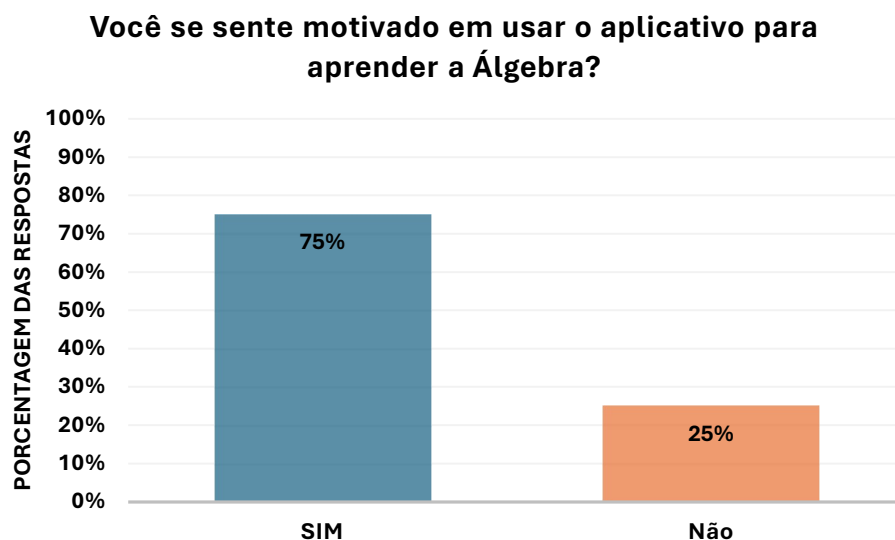
Figura 35: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à nona pergunta.



Fonte: A autora.

Por fim, conforme a Figura 36, 75% dos alunos declararam sentir-se motivados a usar o aplicativo para aprender a Álgebra.

Figura 36: Porcentagem (%) de respostas atribuídas pelos alunos para avaliação do primeiro questionário referente à décima pergunta.



Fonte: A autora.

As Figuras 37 a 44 apresentam, por meio de gráficos de barras, as médias das notas atribuídas pelos estudantes (em uma Escala Likert de 1 a 5) em relação ao segundo questionário de avaliação aplicado aos discentes considerando cada uma das afirmativas.

Os gráficos de barras apresentados nas figuras supracitadas, por representarem resultados obtidos em uma Escala Likert, foram elaborados usando uma paleta de cores em gradiente. Esta escolha tem como objetivo facilitar a visualização e interpretação das médias, possibilitando uma melhor distinção entre os diferentes níveis da escala. A Tabela 9 apresenta a pontuação da Escala Likert com as mesmas cores utilizadas nos gráficos de barras, referentes ao segundo questionário de avaliação. Ressalta-se que o ordenamento da pontuação da referida tabela, isto é, de baixo, pontuação mínima (1), para cima, pontuação máxima (5), seguiu a mesma disposição dos eixos verticais dos gráficos de barras (Figuras 37 a 44).

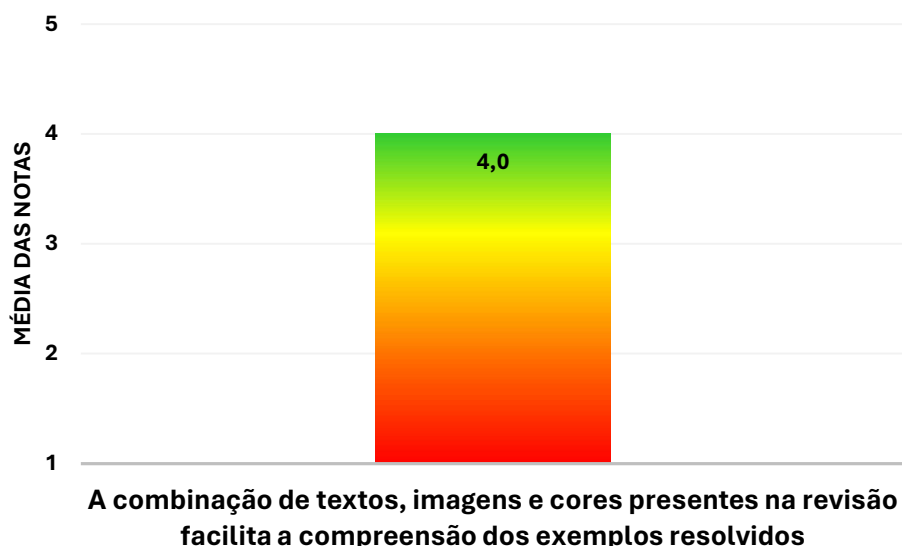
Tabela 9: Distribuição da pontuação da Escala Likert e suas respectivas cores.

Pontuação
5 (Concordo totalmente)
4 (Concordo)
3 (Neutro)
2 (Discordo)
1 (Discordo totalmente)

Fonte: A autora.

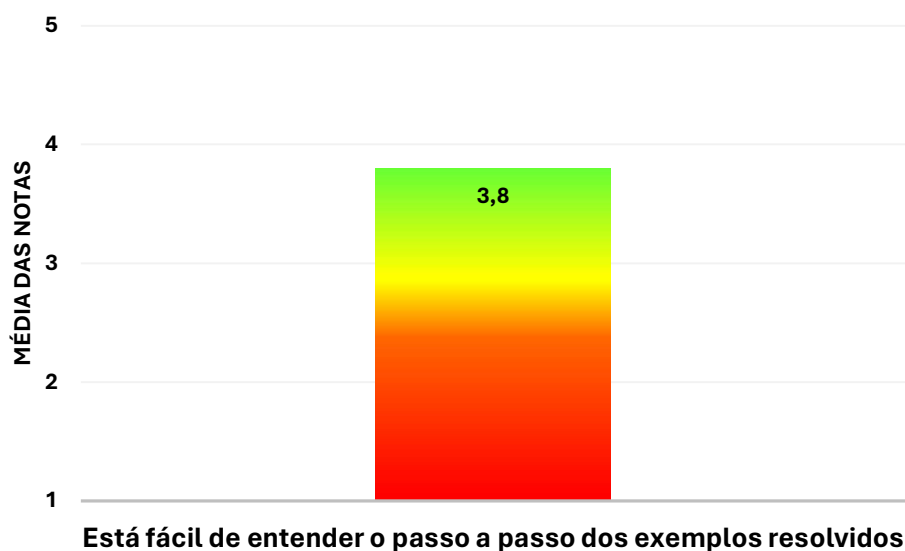
A Figura 37 aponta que a combinação de textos, imagens e cores presentes na revisão facilita a compreensão dos exemplos resolvidos, por ter sido obtida uma média satisfatória (4,0). Em relação ao aspecto clareza do passo a passo dos exemplos resolvidos, a média obtida foi 3,8, conforme Figura 38.

Figura 37: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à primeira afirmativa.



Fonte: A autora.

Figura 38: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à segunda afirmativa.

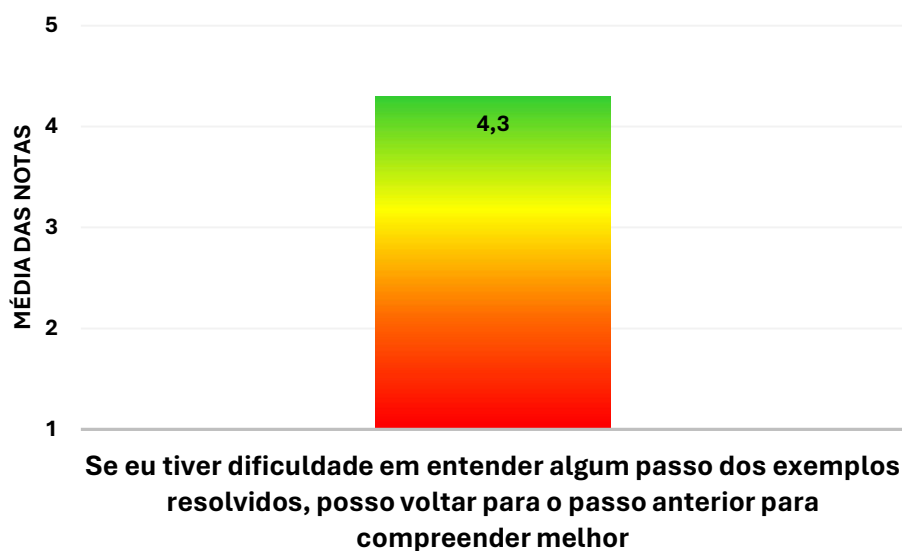


Fonte: A autora.

As Figuras 39 e 40 apresentam que houve uma elevada média (4,3) em relação aos seguintes aspectos: i) A possibilidade de retornar ao passo anterior, dos exemplos resolvidos,

em caso de dificuldade de compreensão e ii) A maior motivação do Jogo da Memória com uma combinação de textos, imagens, cores e áudios em relação ao mesmo jogo apenas com textos;

Figura 39: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à terceira afirmativa.



Fonte: A autora.

Figura 40: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à quarta afirmativa.



Fonte: A autora.

A Figura 41 mostra que a afirmativa: “O aplicativo traz problemas que fazem parte do meu cotidiano, de modo que me sinto motivado em resolvê-los” não apresentou uma média tão alta em relação à média obtida nas demais afirmativas. A média obtida de 3,3 sinaliza a necessidade de reflexões e ajustes na elaboração das situações-problema do aplicativo, de modo

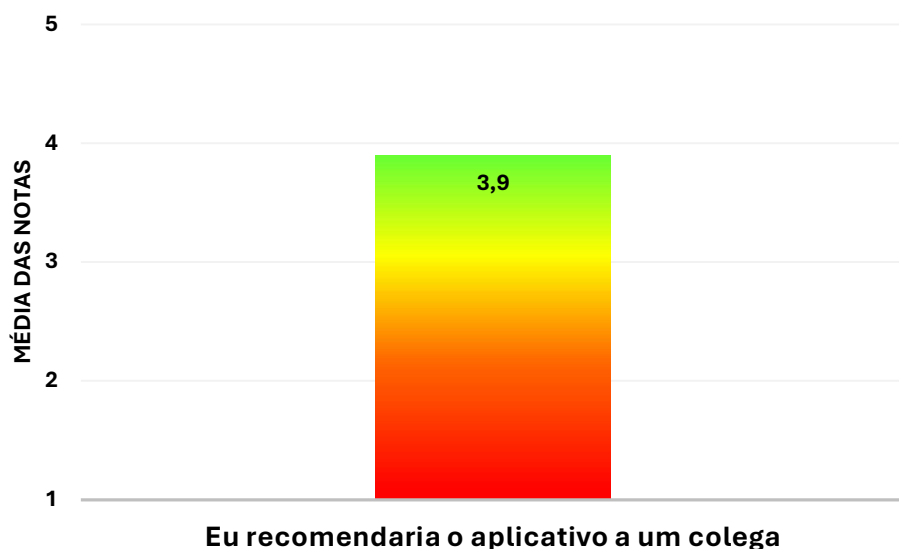
que se aproximem ainda mais da realidade dos estudantes. Em relação ao aspecto referente à recomendação do aplicativo a um colega, a média foi 3,9, conforme apresentado na Figura 42, evidenciando também um desempenho positivo.

Figura 41: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à quinta afirmativa.



Fonte: A autora.

Figura 42: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à sexta afirmativa.

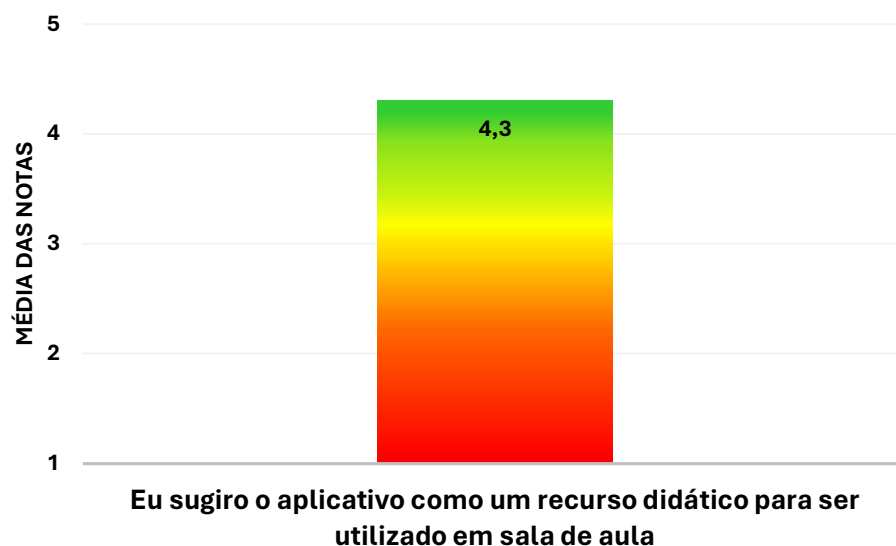


Fonte: A autora.

A Figura 43 mostra que houve uma elevada média (4,3) em relação ao fato de o aluno sugerir o aplicativo como um recurso didático para ser utilizado em sala de aula. A Figura 44 apresenta que os estudantes acham divertido usar o aplicativo e realizar as suas atividades

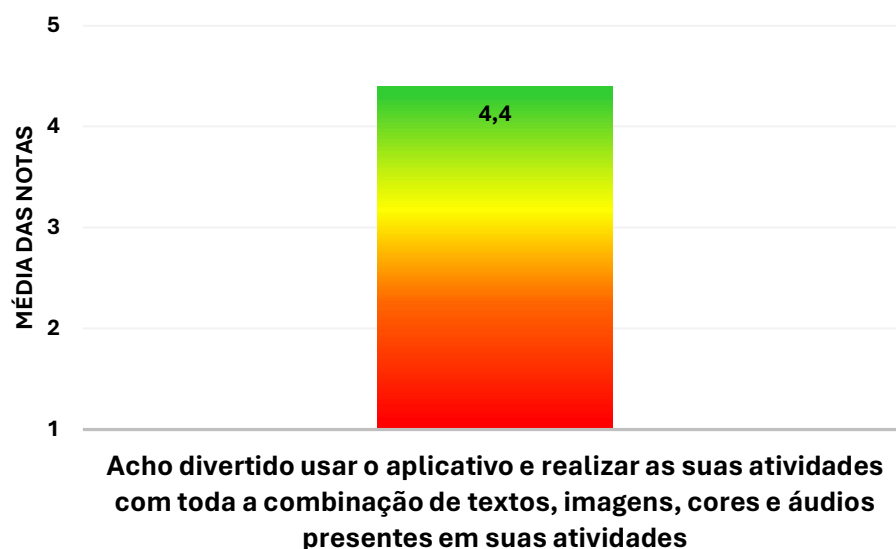
com toda a combinação de textos, imagens, cores e áudios presentes (a média mais elevada: 4,4). Este resultado evidencia o impacto positivo da interação entre as três linguagens nas atividades do AlgebrAR, sugerindo que esta interação pode contribuir para o aprendizado da Álgebra.

Figura 43: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à sétima afirmativa.



Fonte: A autora.

Figura 44: Média das notas atribuídas pelos alunos para a avaliação do segundo questionário referente à oitava afirmativa.



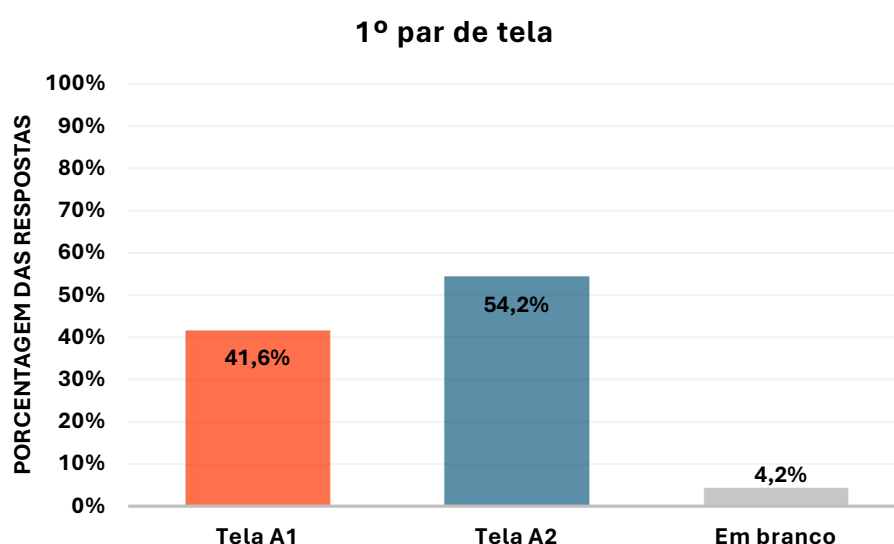
Fonte: A autora.

Quanto ao terceiro questionário de avaliação, os alunos escolheram cinco entre dez telas do aplicativo. As telas foram apresentadas aos pares, como mostram as Figuras 22, 23, 24, 25 e

26, que correspondem ao primeiro, ao segundo, ao terceiro, ao quarto e ao quinto pareamento, respectivamente. As Figuras 45 a 49 apresentam, por meio de gráficos de barras, os resultados, em porcentagem (%), decorrentes do terceiro questionário de avaliação destinado aos discentes em relação aos cinco pareamentos. Vale ressaltar que alguns alunos não responderam, deixando questões em branco, resultando respostas classificadas como “Em branco”.

A Figura 45 mostra os resultados do primeiro pareamento (cf. Figura 22), em que 41,6% dos alunos escolheram a Tela A1, a qual apresenta uma situação-problema apenas com a linguagem matemática e a língua materna, sem uso da RA. Já 54,2% dos estudantes optaram pela Tela A2, a qual apresenta uma situação-problema com a linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica, onde a RA (elemento da linguagem semiótica) é disponibilizada para visualização do sólido que representa a imagem do problema de modo tridimensional e com medidas algébricas. Neste pareamento, houve um percentual de 4,2% dos estudantes que não responderam. Diante desses resultados, pode-se dizer que os estudantes manifestam uma discreta preferência pelo cenário da combinação das três linguagens (linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica) apresentado pela Tela A2, quando comparado ao cenário de apenas duas linguagens (linguagem matemática e língua materna), que a Tela A1 apresenta.

Figura 45: Porcentagem (%) de respostas atribuídas aos alunos para avaliação do terceiro questionário referente ao primeiro par de telas.

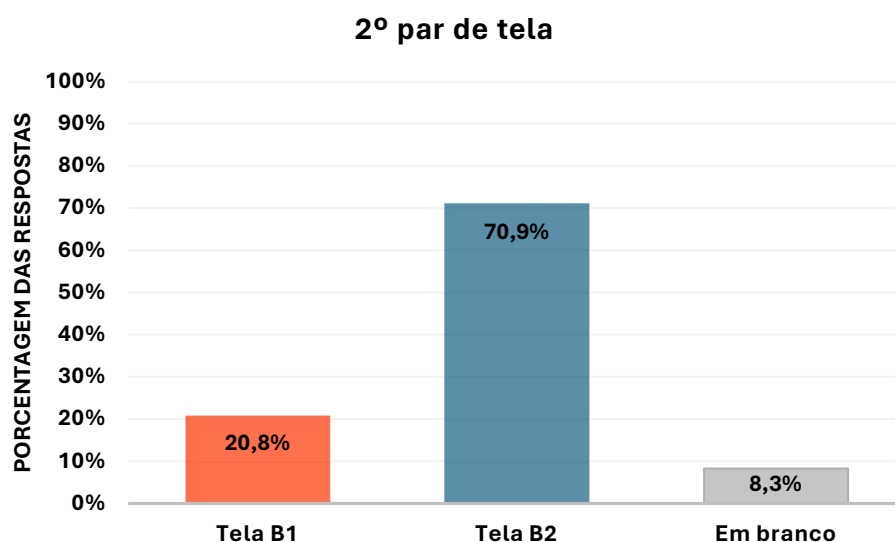


Fonte: A autora.

A Figura 46 mostra os resultados do segundo pareamento (cf. Figura 23), em que 20,8% dos estudantes escolheram a Tela B1, enquanto 70,9% optaram pela Tela B2, na qual é

disponibilizada uma revisão, com um exemplo resolvido passo a passo, que corresponde a estratégia metacognitiva “Lembrar” (cf. Tabela 8). Neste pareamento, houve um percentual correspondente a 8,3% de alunos que não responderam. Diante desses resultados, percebe-se que existe uma clara preferência dos estudantes pela tela em que as estratégias metacognitivas são utilizadas.

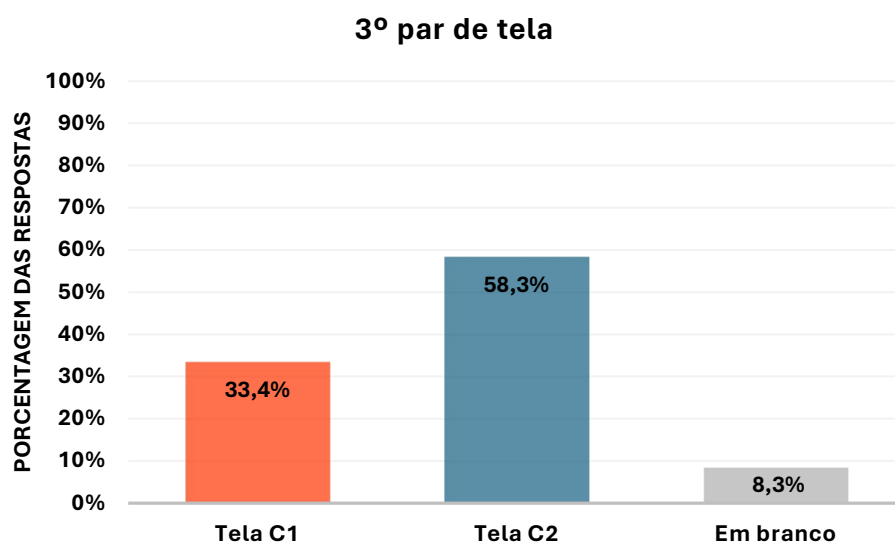
Figura 46: Porcentagem (%) de respostas atribuídas aos alunos para avaliação do terceiro questionário referente ao segundo par de telas.



Fonte: A autora.

A Figura 47 apresenta os resultados do terceiro pareamento (cf. Figura 24), em que 33,4% dos estudantes optaram pela Tela C1, a qual apresenta uma revisão sem um passo a passo detalhado na resolução do exemplo. Já 58,3% dos alunos escolheram a Tela C2, na qual existe um exemplo resolvido detalhadamente, passo a passo, em linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica, dando oportunidade de o estudante monitorar e autorregular os seus conhecimentos, que corresponde a estratégia metacognitiva “Refletir” (cf. Tabela 8). Neste pareamento, houve um percentual de 8,3% dos alunos que não responderam. Percebe-se, assim, que os estudantes têm uma maior preferência pela tela que utiliza as estratégias metacognitivas (Tela C2).

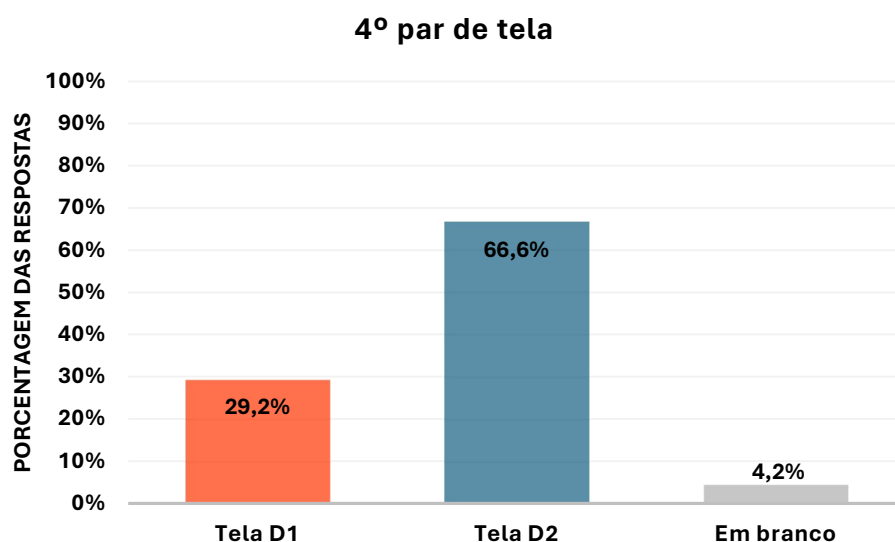
Figura 47: Porcentagem (%) de respostas atribuídas aos alunos para avaliação do terceiro questionário referente ao terceiro par de telas.



Fonte: A autora.

A Figura 48 mostra os resultados do quarto pareamento (cf. Figura 25), em que 29,2% dos discentes optaram pela Tela D1, enquanto 66,6% escolheram a Tela D2.

Figura 48: Porcentagem (%) de respostas atribuídas aos alunos para avaliação do terceiro questionário referente ao quarto par de telas.



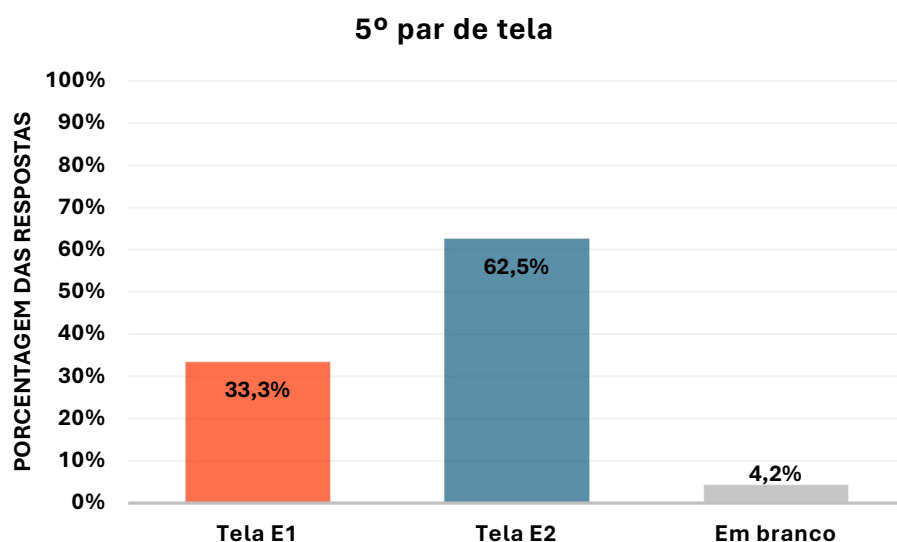
Fonte: A autora.

A Tela D2, referente ao quarto pareamento, apresenta uma situação-problema com seis passos que estão destacados por seis cores diferentes, dando oportunidade ao aluno de refletir acerca dos seus próprios conhecimentos ao calcular a área de cada face do sólido geométrico, por cor, sendo o total de seis faces, podendo, a qualquer momento, voltar a algum passo do

problema caso não tenha acertado a área de alguma das faces. Sendo assim, a maneira como o problema é apresentado dá oportunidade ao estudante de monitorar e autorregular a sua compreensão, o que corresponde à estratégia metacognitiva “Refletir” (cf. Tabela 8). Neste pareamento houve um percentual de 4,2% dos estudantes que não responderam. Diante dos resultados deste pareamento, percebe-se, mais uma vez, que a maioria dos alunos optou pela tela que faz uso das estratégias metacognitivas (Tela D2).

Em relação ao quinto e último pareamento (cf. Figura 26), observa-se na Figura 49 que 33,3% dos alunos escolheram a Tela E1 enquanto que 62,5% fizeram a opção pela Tela E2. Este par de telas corresponde ao Jogo da Memória, o qual apresenta peças que utilizam linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica, com elementos representados em textos, imagens e áudios. Porém, houve um percentual de alunos que não votaram em nenhuma das duas telas, correspondendo a 4,2%. Assim, conclui-se que, nesse pareamento, há uma preferência discente pelas peças que fazem uso das três linguagens (linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica), como a Tela E2 apresenta.

Figura 49: Porcentagem (%) de respostas atribuídas aos alunos para avaliação do terceiro questionário referente ao quinto par de telas.



Fonte: A autora.

A partir dos resultados dos três questionários de avaliação é possível tecer algumas considerações:

- I. Os estudantes manifestaram preferência pela opção “Você quer revisar?”, que o aplicativo disponibiliza. Eles acharam claras e úteis as resoluções passo a passo dos exemplos resolvidos, inclusive avaliaram que a combinação de textos, imagens e cores

presentes nas revisões facilita a compreensão da temática. Assim sendo, essas revisões, que correspondem à etapa “Lembrar” das estratégias metacognitivas (cf. Tabela 8), foram bem aceitas por facilitar a compreensão discente;

- II. O passo a passo dos exemplos resolvidos indicou uma avaliação positiva pelos alunos, pois dá oportunidade de eles refletirem sobre cada passo dado, podendo voltar ao passo anterior, caso apresente dificuldades. Este processo, que corresponde à etapa “Refletir” das estratégias metacognitivas (cf. Tabela 8), na qual os alunos podem monitorar e autorregular a sua própria compreensão, apresentou-se como um potencial para o aprendizado da Álgebra;
- III. Os estudantes demonstraram satisfação com o Jogo da Memória do AlgebrAR, que apresenta peças utilizando a linguagem matemática, a língua materna e a linguagem semiótica por conter elementos com textos, imagens e áudios, ou seja, o jogo oferece diferentes formas de representar a linguagem matemática, articulando-a com a língua materna e a linguagem semiótica. Assim, a interação entre essas três linguagens se manifestou como um potencial para o aprendizado da Álgebra;
- IV. Os alunos indicaram que acharam interessante e divertido usar o aplicativo com toda a combinação de textos, imagens, cores e áudios presentes em suas atividades. Esse aspecto evidencia o impacto positivo da interação entre as três linguagens (linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica) nas atividades do AlgebrAR. Além disso, apontaram sentir-se motivados em usar o aplicativo para aprender a Álgebra e sugerem como um recurso didático para ser utilizado em sala de aula;
- V. Todas as telas do aplicativo que fazem uso de estratégias metacognitivas, conforme Figura 23 (Tela B2), Figura 24 (Tela C2) e Figura 25 (Tela D2), foram as majoritariamente escolhidas pela maioria dos estudantes nos pareamentos de telas. A maioria dos estudantes também optaram por telas em que se observam o cenário de combinação das três linguagens (linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica), conforme Figura 22 (Tela A2) e Figura 26 (Tela E2).

Os resultados dos questionários de avaliação apresentados nesta pesquisa alinham-se ao que preconizam documentos oficiais que regulam a educação básica no Brasil, como a BNCC. Este documento enfatiza que, ao se pensar no ensino e na aprendizagem da matemática, é essencial considerar o papel heurístico das experimentações, especialmente quando realizadas em interação com outros componentes curriculares e/ou linguagens (BRASIL, 2018, p. 265). Da mesma forma, os PCN reconhecem a relevância da língua materna no processo de ensino da matemática. Os resultados dos questionários de avaliação também dialogam com autores

como Machado (2011), que defende a articulação entre a linguagem matemática e a língua materna como estratégia para minimizar as dificuldades dos estudantes na disciplina de matemática.

De acordo com os resultados, os estudantes demonstraram maior preferência pelas telas do aplicativo que apresentam o uso de estratégias metacognitivas de leitura, especialmente aquelas que oferecem revisões e resoluções passo a passo da situação-problema. A presença dessas estratégias estimulou os estudantes a refletirem sobre seus próprios processos de compreensão, favorecendo o monitoramento da leitura, a interpretação dos enunciados e o desenvolvimento da autonomia na resolução das atividades algébricas propostas pelo aplicativo. Esse processo está alinhado com os pressupostos teóricos da metacognição (Flavel, 1979; Brown, 1980 [2017]), segundo os quais a aprendizagem torna-se mais eficaz quando o estudante desenvolve consciência sobre suas próprias estratégias cognitivas e passa a regulá-las de maneira intencional (Leffa, 1996; Solé, 1998).

Os resultados desta pesquisa reforçam a perspectiva de que o ensino da matemática deve considerar os aspectos linguísticos envolvidos na interpretação das situações-problema. Conforme discutido por Hockett (1968) e Partee, Meulen e Wall (1993), a matemática apresenta características linguísticas que exigem dos estudantes competências interpretativas semelhantes às mobilizadas na leitura de textos. Nesse sentido, estratégias metacognitivas de leitura podem atuar como mediadoras entre a LM e a LMAT, favorecendo a compreensão dos conceitos algébricos e a resolução de problemas.

Outro aspecto evidenciado nos resultados refere-se à preferência dos estudantes por telas que apresentavam a combinação entre linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica. Essa preferência pode ser analisada à luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica proposta por Duval (2011), segundo a qual a compreensão de um objeto matemático depende da mobilização e da coordenação de diferentes registros de representação. Para o autor, o aprendizado da matemática não ocorre apenas pela manipulação de símbolos formais, mas pela capacidade de converter e articular diferentes formas de representação, como expressões simbólicas, linguagem verbal, imagens e representações visuais. Nesse contexto, o aplicativo AlgebrAR, ao integrar LMAT, explicações em LM, linguagem semiótica, bem como os recursos visuais da RA, possibilita ao estudante transitar entre diferentes registros semióticos, contribuindo para a construção de significados para os conceitos algébricos. Assim, os resultados observados nesta pesquisa reforçam a importância de ambientes de aprendizagem que articulem múltiplas representações, uma vez que essa diversidade pode contribuir para

ampliar a compreensão dos estudantes sobre as situações-problema e sobre as relações algébricas nelas envolvidas.

Além da perspectiva da TRRS discutida por Duval (2011), os resultados também podem ser interpretados a partir das contribuições da semiótica de Santaella (2012b), ao afirmar que a produção de significado ocorre por meio da articulação de diferentes signos e linguagens que atuam conjuntamente nos processos de interpretação. Por sua vez, Santaella (2012a), ao discutir a leitura de imagens, destaca que os processos interpretativos não se restringem à linguagem verbal, envolvendo também a interpretação de signos visuais na construção de sentidos. Nessa perspectiva, os dados obtidos nos questionários avaliativos sugerem que a presença de múltiplas linguagens no ambiente digital pode ampliar as possibilidades de construção de sentido no processo de aprendizagem da Álgebra.

O ambiente de RA favorece a integração entre diferentes modos de representação, permitindo que os estudantes realizem conversões entre linguagem verbal, LMAT e representações visuais, como apontam Kress e Van Leeuwen (2006), pela integração de diferentes modos semióticos na produção de significados levando-se em conta aspectos sociais e culturais. Essa possibilidade de transitar entre registros semióticos socioculturais distintos contribui para reduzir a distância entre o enunciado textual do problema e sua representação matemática formal no aprendizado da Álgebra.

Os resultados observados nesta pesquisa estão em consonância com as orientações curriculares nacionais. De fato, a BNCC ressalta a importância do uso de tecnologias digitais como recurso pedagógico para aproximar a matemática do cotidiano dos estudantes. Embora seja possível observar o uso frequente de ferramentas tecnológicas como um apoio ao ensino e a aprendizagem da matemática, destaca-se que, entre os aplicativos analisados ao longo da presente pesquisa, o aplicativo AlgebrAR, que usa Realidade Aumentada, apresenta pelo menos duas inovações relevantes:

- I. Utiliza estratégias metacognitivas de leitura no ensino e aprendizado da Álgebra para uma melhor interação entre a linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica;
- II. Contempla o Jogo da Memória, no tema da Álgebra, com peças que contêm elementos de textos, imagens e áudios, promovendo uma interação entre as três linguagens: a linguagem matemática, a língua materna e a linguagem semiótica.

É oportuno mencionar que, durante a experimentação do aplicativo, o entusiasmo e a satisfação dos discentes ao interagirem com a ferramenta tecnológica foram evidentes, especialmente no momento da visualização dos objetos tridimensionais proporcionados pela

Realidade Aumentada. Essa experiência imersiva parece ter favorecido a construção de um ambiente de aprendizagem empolgante e estimulante.

Neste capítulo foram apresentados e analisados os resultados da presente pesquisa a partir de três questionários, em que vinte e quatro alunos do nono ano do ensino fundamental de uma escola da Rede Estadual do Ensino de Pernambuco avaliaram o aplicativo de RA denominado AlgebrAR, desenvolvido para o ensino e aprendizado da Álgebra. O objeto da avaliação foi o uso de estratégias metacognitivas, para uma melhor interação entre a linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica, presentes no aplicativo.

O próximo capítulo é dedicado às Considerações Finais do presente trabalho e às perspectivas de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pretende-se que a presente pesquisa contribua para o ensino e aprendizado da Álgebra por meio do uso de estratégias metacognitivas de leitura. Tais estratégias têm como finalidade promover uma melhor interação entre a linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica, presentes em um aplicativo para dispositivo móvel com uso de RA, como ferramenta de apoio para esse ensino e aprendizado da Álgebra.

A seguinte hipótese foi apresentada neste trabalho: os alunos do nono ano do Ensino Fundamental sentem dificuldades no aprendizado da Álgebra, especialmente na compreensão da linguagem matemática, e o uso de estratégias metacognitivas de leitura poderá contribuir para que haja uma melhor interação entre a linguagem matemática, a língua materna e linguagem semiótica.

Conforme os resultados dos três questionários de avaliação, pode-se concluir que os alunos se mostraram favoráveis ao uso das estratégias metacognitivas presentes no aplicativo como um elemento facilitador da compreensão do tema da Álgebra. Entre os principais achados, destacam-se:

- I. 75% dos estudantes se sentem motivados em usar o aplicativo AlgebrAR para aprender a Álgebra;
- II. A combinação de textos, imagens e cores presentes na revisão foi avaliada como facilitadora na compreensão dos exemplos resolvidos;
- III. Os alunos acharam divertido usar o aplicativo e realizar suas atividades com toda a combinação de textos, imagens, cores e áudios presentes;
- IV. Em todos os pareamentos de telas apresentados aos discentes em testes de preferência, a maioria deles optaram por telas em que foram utilizadas as estratégias metacognitivas de leitura e por telas em que foram exploradas as três linguagens (linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica).

Assim, os resultados da avaliação do aplicativo confirmam a hipótese de que o uso de estratégias metacognitivas de leitura poderá contribuir para uma melhor interação entre a linguagem matemática, língua materna e linguagem semiótica. Os resultados apontam que os estudantes se mostraram favoráveis ao uso das estratégias metacognitivas presentes nas

atividades do AlgebrAR, e que estas estratégias poderão contribuir para o aprendizado da Álgebra. Além disso, os resultados da avaliação também apontam que os alunos se sentiram interessados e motivados em usar o AlgebrAR, o que pode contribuir para um maior engajamento na realização das atividades e para uma aprendizagem mais dinâmica e divertida da Álgebra.

Vale ressaltar que, durante a elaboração das atividades do AlgebrAR, buscou-se propor situações-problema inseridas na realidade sociocultural dos estudantes. Porém, esse critério obteve uma média 3,3, em uma Escala Likert de 1 a 5. Essa média pode indicar que existe espaço para aprimoramento nos problemas apresentados pelo aplicativo. Esse achado sugere a necessidade de reflexões a respeito de situações-problema que se aproximem mais ainda da realidade dos estudantes.

Como perspectivas de trabalhos futuros, pretende-se desenvolver as seguintes ações:

- 1) Realizar uma análise do desempenho dos alunos dos nonos anos do Ensino Fundamental à luz de outro documento oficial de avaliação educacional, como o SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica), especificamente no que se refere à temática da Álgebra. Essa investigação permitirá estabelecer uma comparação entre os resultados obtidos no estado de Pernambuco e os indicadores observados em outros estados brasileiros, contribuindo para uma compreensão mais ampla do desempenho a nível nacional, especialmente no que se refere aos aspectos relacionados à Álgebra;
- 2) Ampliar o estudo com um número maior de participantes e com a inclusão de um maior número de estabelecimentos de ensino, possibilitando a realização da pesquisa em diferentes contextos educacionais. A ampliação da amostra permitirá analisar de forma mais abrangente os efeitos do uso das estratégias metacognitivas de leitura e do aplicativo AlgebrAR na resolução de situações-problema envolvendo a Álgebra, além de verificar se os resultados observados nesta pesquisa se mantêm em diferentes realidades escolares;
- 3) Incorporar ao aplicativo a Língua de Sinais, considerando que o experimento foi conduzido em uma escola inclusiva para estudantes surdos. A inclusão desse recurso poderá tornar o aplicativo mais acessível, favorecendo a compreensão das atividades e dos conceitos algébricos por parte desses estudantes. Além disso, a integração da Língua de Sinais ao aplicativo pode ampliar as possibilidades de mediação pedagógica, promovendo uma maior interação entre diferentes formas de linguagem no processo de aprendizagem matemática e, conseqüentemente, favorecendo o desenvolvimento do Letramento Matemático em contextos educacionais inclusivos;

- 4) Aumentar o número de situações-problema disponíveis no aplicativo, de modo a contemplar cenários mais variados e próximos da realidade vivenciada pelos alunos. A ampliação dessas atividades poderá favorecer a exploração de diferentes contextos e formas de representação matemática. Além disso, a inserção de situações contextualizadas pode tornar o processo de aprendizagem mais significativo, aproximando os conceitos algébricos das experiências cotidianas dos estudantes;
- 5) Implementar melhorias computacionais no aplicativo, incluindo o aprimoramento dos efeitos gráficos, da usabilidade e da combinação de imagens, cores, textos e áudios nas atividades que o compõem. Tais melhorias poderão potencializar o uso pedagógico do aplicativo, ampliando suas possibilidades como ferramenta de apoio ao ensino e aprendizado da Álgebra;
- 6) Introduzir a teoria da Semiótica Social como possibilidade de aprofundamento teórico. Considerando que o aplicativo AlgebrAR utiliza múltiplos recursos, como textos, imagens, cores, áudios e elementos visuais da Realidade Aumentada, a Semiótica Social pode contribuir para ampliar a análise das formas de significação que emergem dessas interações. Nessa perspectiva, torna-se possível compreender como diferentes modos de linguagem atuam de maneira integrada na construção de sentidos no processo de aprendizagem;
- 7) Promover uma experimentação e avaliação do aplicativo junto a docentes de Matemática dos sextos aos nonos anos do Ensino Fundamental II, a fim de analisar sua usabilidade pedagógica em relação ao ensino da Álgebra e investigar o seu potencial no que se refere às estratégias metacognitivas de leitura presentes.

REFERÊNCIAS

ALSOLAMI, Khadeeja; ALLINJAWI, Arwa. The impact of an Augmented Reality tool on students with dyscalculia in learning multiplication concepts. **Procedia Computer Science**, v. 265, p. 191-198, 2025. DOI: <https://doi-org.ez294.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.procs.2025.07.172>.

ALVES, Dieime Machado; CARNEIRO, Raylson dos Santos; CARNEIRO, Rogerio dos Santos. Gamificação no ensino de Matemática: Uma proposta para o uso de jogos digitais nas aulas como motivadores da aprendizagem. *Revista Docência e Cibercultura*, v. 6, n. 3, p. 146-164, 2022. DOI: <https://doi.org/10.12957/redoc.2022.65527>.

AMAL, M F; MAHMUDI, Ali. Enhancing students' self-efficacy through metacognitive strategies in learning mathematics. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1613, p. 1-7, 2020. DOI: [doi:10.1088/1742-6596/1613/1/012061](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1613/1/012061).

AMORIM, Joseneto Aguiar de. **EquaTeen: Um Jogo para Apoio ao Ensino de Equação do Primeiro Grau**. TCC (Trabalho de Conclusão do Curso de Ciência da Computação) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2023.

AMORIM, Joseneto Aguiar de; RABELLO, Maria Guadalupe Dourado; MADEIRO, Francisco. EquaTeen: Um jogo para apoio ao ensino de sistemas de equações do primeiro grau. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 1, p. 3338-3358, 2024. DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n1-178>.

ANGGORO, Bambang Sri; DEWANTARA, Andi Harpeni; SUHERMAN, Suherman; MUHAMMAD, Rosida Rakhmawati; SARASWATI, Sari. Effect of game-based learning on students' mathematics high order thinking skills: A meta-analysis. **Revista de Psicodidáctica**, v. 30, p. 1-14, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2024.500158>.

ARAÚJO, Suema Souza; VIEIRA, Lygianne Batista. Cenários da formação das professoras nas escolas públicas do Distrito Federal frente à Matemática e coletivos diversos. **Revista Caderno Pedagógico**, v.22, n.7, p. 01-22, 2025. DOI: [10.54033/cadpedv22n7-129](https://doi.org/10.54033/cadpedv22n7-129).

ARAÚJO, Antonia Dilamar; SILVA, Maria Zenaide Valdivino da; CARVALHO, Sâmia Alves; BARBOSA, Vânia Soares (org.). **Multimodalidade e letramento visual: dialogando com práticas pedagógicas de línguas estrangeiras – um tributo a Gunther Kress**. Campinas: Pontes Editores, 2024.

ARRUDA, Jessiéle Mendonça; PEREIRA, Elaine Corrêa; ANTIQUEIRA, Liliane Silva de; SAGGIOMO, Leandro da Silva. Tecnologias digitais: um mapeamento de pesquisas envolvendo práticas pedagógicas no ensino de Matemática. **Ensino & Pesquisa**, v. 23, n. 1, p. 496-508, 2025. DOI: <https://doi.org/10.33871/23594381.2025.23.1.9056>.

AYDIN, Ebru; DINÇER, Çaglayan. “I did it wrong, but i know it”: Young children’s metacognitive knowledge expressions during peer interactions in math activities. **Thinking Skills and Creativity**, v. 45, p. 1-13, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101104>.

BRAGA, Karen Luana Viana; FERNANDES, Michelly da Silva; PANTOJA, Leonardo Carlos Rodrigues; MARQUES, Valéria Risuenho. O uso de aplicativos no ensino de frações:

Reflexões no âmbito da iniciação à docência. **EMP - Educação Matemática Pesquisa**, v. 24, n. 4, p.167-201, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.23925/1983-3156.2022v24i4p167-201>.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Fundamental**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica. Área de matemática, 2018.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**. Secretaria de Educação Fundamental – Brasília: MEC/SEF. Área de matemática, 1997.

BRASIL. **Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa: Quantificação, Registros e Agrupamentos**. Brasília, MEC, SEB, 2014.

BRASIL. **Política Nacional de Alfabetização**. Secretaria de Alfabetização - Brasília: MEC/SEALF, 2019.

BRAUN, Layane Caroline Silva Lima; SILVA, Ana Mara Coelho da; MOURA-SILVA, Marcos Guilherme. Metacognição e Educação Matemática: análise das pesquisas apresentadas no Encontro Nacional de Educação Matemática entre 1987 e 2022. **Educação Matemática em Revista**, v. 29, n. 85, p. 01-15, 2024. DOI: 10.37001/emr.v29i85.3683.

BRAZ SOBRINHO, Benedito; CASTELO BRANCO, Adriana Rodrigues Siqueira; RABECINI, Marinêz Gonçalves da Silva; LIMA, Aline Santos de; CARVALHO, Marcio Ferreira de. Desenvolvendo habilidades de resolução de problemas em estudantes. **LUMEN ET VIRTUS**, v. XVI, n. XLVI, p.2733-2747, 2025. DOI: <https://doi.org/10.56238/levv16n46-080>.

BRISTOL, J. **Olio #4: Bloom's taxonomy**. <<http://jennybristol.com/2016/04/olio-4-blooms-taxonomy/>>.

BRITO, Cláudio da Silva. **Desafios e percepções docentes acerca da gamificação no ensino de matemática a partir de um processo de formação**. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2020.

BROWN, Ann Leslie. Metacognitive development and reading. In: Spiro, R. J.; Bruce, B. C.; Brewer, W. F. (Orgs). **Theoretical issues in reading comprehension: perspectives from cognitive psychology, linguistics, artificial intelligence and education**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates. [1980], 2017. p. 456-485.

BUARQUE, Thiago Matheus Torres. **Uma aplicação gamificada para apoio ao ensino da álgebra no 9º ano do ensino fundamental**. TCC (Trabalho de Conclusão do Curso de Ciência da Computação) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2023.

BUARQUE, Thiago Matheus Torres; RABELLO, Maria Guadalupe Dourado; ALVES, Cecília da Fonte; MADEIRO, Francisco. Uma aplicação gamificada para apoio ao ensino da álgebra no 9º ano do ensino fundamental. **Revista AMAzônica**, v. 17, n. 1, p. 105-136, 2024.

BUENTELLO-MONTOYA, D. A.; LOMELÍ-PLASCENCIA, M. G.; Medina-Herrera, L. M.; The role of reality enhancing technologies in teaching and learning of mathematics. **Computers and Electrical Engineering**, v. 94, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107287>.

CASTRO, Élide Maiara Velozo de; ALMEIDA, Lourdes Maria Werle de. Estratégias metacognitivas de um grupo de estudantes brasileiros em atividades de modelagem

matemática. **Revista Actualidades Investigativas en Educación**, v. 23, n. 1, p. 1-26, 2023. DOI: <https://doi.org/10.15517/aie.v23i1.51512>.

CECCO, Bruna Larissa; BERNARDI Luci Teresinha Marchiori dos Santos. Matemática, linguagem e letramento: Uma questão de (in)finitude. **RIAEE – Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 18, n. 00, p. 1 – 18, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21723/riaee.v18iesp.1.17532>.

CEVIKBAS, Mustafa; BULUT, Neslihan; KAISER, Gabriele. Exploring the benefits and drawbacks of AR and VR technologies for learners of mathematics: Recent developments. **Systems**, v. 11, n. 5, p. 1-23, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/systems11050244>.

CHAN, Jenny Yun-Chen; OTTMAR, Erin; LEE, Ji-Eun. Slow down to speed up: Longer pause time before solving problems relates to higher strategy efficiency. **Learning and Individual Differences**, v. 93, p. 1-11, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2021.102109>.

CHRISTOPOULOS, Athanasios; MYSTAKIDIS, Stylianos. Gamification in Education. **Encyclopedia**, v. 3, p. 1223–1243, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3040089>.

CONEJO, Paula Miloca; CORDEIRO, Edson dos Santos; BOSCARIOLI, Clodis. Realidade Aumentada no ensino de Matemática nos anos iniciais: uma revisão sistemática de literatura. In: **IV Encontro Paranaense de Tecnologia na Educação Matemática**, n. 4, 2025.

COSTA, José Genilson da; HUANCA, Roger Ruben Huaman. Explorando a Álgebra na Educação Básica através da resolução de problemas e tecnologias digitais: reflexões a partir de um problema no curso de fundamentos de álgebra. **Educação Matemática em Revista – RS**, v. 1, n. 25, p. 62-68, 2024. DOI: <https://doi.org/10.37001/EMR-RS.v.1.n.25.2024.p.62-68>.

COUTINHO Werbert Augusto; ALMEIDA Veronica Eloi; JATOBÁ Alessandro. Aplicativos móveis em sala de aula: Uso e possibilidades para o ensino da matemática na EJA. **ETD- Educação Temática Digital**, v. 23, n. 1, p. 20-43, 2021. DOI: [10.20396/etd.v23i1.8656231](https://doi.org/10.20396/etd.v23i1.8656231).

DANTE, Luiz Roberto; VIANA, Fernando. **Teláris Essencial: Matemática - 7º ano**. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2022a.

DANTE, Luiz Roberto; VIANA, Fernando. **Teláris Essencial: Matemática - 9º ano**. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2022b.

DI LEO, Ivana; MUIS, Krista. Confused, now what? A Cognitive-Emotional Strategy Training (CEST) intervention for elementary students during mathematics problem solving. **Contemporary Educational Psychology**, v. 62, p. 1-22, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101879>.

DOS ANJOS, Isabela Matias; MOREIRA, Jane Araújo; TINTI, Douglas da Silva. Gamificação nas aulas de matemática: Uma experiência com alunos da EJA da APAE de Itabirito/MG. **RIS – Revista Insignare Scientia**, v. 6, n. 1, p. 447- 463, 2023. DOI: <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2023v6n1.13107>.

DUVAL, Raymond. **Semiósis e pensamento humano: registro semiótico e aprendizagens intelectuais**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2009.

DUVAL, Raymond. **Ver e ensinar matemática de outra forma: entrar no modo matemático de pensar: os Registros de Representações Semióticas.** In: Tânia M. M. Campos. Tradução: Marlene Alves Dias. 1ª ed. São Paulo, v. 1: PROEM, 2011.

ESTEVES, Marcella Gomes; BRITTO, Luiz Percival Leme. “Linguagem matemática” e Educação matemática crítica: vetores opostos na Base Nacional Comum Curricular.

Tangram - Revista de Educação Matemática, v. 8, p. 2-24, 2025. DOI: <https://doi.org/10.30612/tangram.v8i1.19608>.

FARIAS, José Vilani; MARTINS, Gizele Justino Diniz; SANTOS, Anderson Silva Bernardo dos. Matemática, Arte e Geogebra: Fazendo arte com a função quadrática e com tecnologias digitais. **Revista HOLOS**, v. 4, p. 1-19, 2021. DOI: 10.15628/holos.2021.12092.

FLAVELL, John Hurley. Metacognitive aspects of problem solving. In RESNICK, L. B. (Ed.), **The nature of intelligence.** Hillsdale, Erlbaum, p. 231-236, 1976.

FLAVELL, John Hurley. Metacognition and cognitive monitoring: a new area of cognitive-developmental inquiry. **American Psychologist**, v. 34, p. 906-911, 1979.

FU, Yu; QI, Chunxia. The relationship between metacognitive skills and mathematics achievement of Chinese eighth-grade students. **Current Psychology**, v. 44, p. 3845–3856, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12144-024-07216-6>.

GASHAJ, Venera; TRNINIC, Dragan; CHEN, Ouhao; MOELLER, Korbinian. Beyond the page: Enriching storybooks with embodied activities to improve mathematics skills – A scoping review. **Trends in Neuroscience and Education**, v. 40, p. 1-9, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tine.2025.100259>.

GIL, Katia Henn; FELICETTI, Vera Lucia. Reflexões sobre as dificuldades apresentadas na aprendizagem da álgebra por estudantes da 7ª série. **Revista Sergipana de Matemática e Educação Matemática - ReviSeM**, n. 1, p. 19 – 35, 2016. DOI: <https://doi.org/10.34179/revisem.v1i1.4663>.

GÓMEZ-GRANELL, Carmen. A aquisição da linguagem: símbolo e significado. In: A. Teberosky e L. Tolchinski (Orgs.). **Além da alfabetização: a aprendizagem fonológica, ortográfica, textual e matemática.** Trad. Stela Oliveira. São Paulo: Ática, p. 257-282, 2003.

HOCKETT, C. **Language, mathematics and linguistics.** The Hague: Mouton, 1968.

KOLOVOU, Angeliki, HEUVEL-PANHUIZEN, Marja, KÖLLER, Olaf. Improve grade 6 students' performance in early Algebra. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 44, n. 3, p. 510–549, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.44.3.0510>.

KRESS, Gunther; VAN LEEUWEN, Theo. **Reading images: the grammar of visual design.** London: Routledge, 2006.

LEFFA, Vilson José. **Aspectos da leitura.** Porto Alegre: Sagra: DC Luzzatto, 1996.

LIMA, Jackson Róbson de; MELO FILHO, Ivanildo José de; MELO, Rosângela Maria de. Uma revisão de literatura direcionadas às práticas metodológicas utilizadas para o ensino da matemática na educação profissional e tecnológica. **Revista Episteme Transversalis**, v. 14, p.550-572, 2023.

- LI, Xinyin. The Effective Application of Metacognitive Strategies in High School Mathematics Teaching. **Journal of Education, Humanities and Social Sciences**, v. 27, p. 371-377, 2024. DOI: <https://doi.org/10.54097/cw575b35>.
- LIN, Zhihang. **Um aplicativo para apoio ao ensino dos números racionais e operações com números inteiros no Ensino Fundamental**. TCC (Trabalho de Conclusão do Curso de Ciência da Computação) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2025.
- LUZ, Rafael Caves da. **O ensino de Álgebra no Ensino Fundamental, utilizando a resolução de problemas à luz dos registros de representação semiótica**. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2020.
- LUZ, Rafael Chaves da; BRANDÃO, Raimundo José Barbosa; AMARAL Natarsia Camila Luso. Resolução de problemas à luz dos registros de representação semiótica o ensino de Álgebra no Ensino Fundamental. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v.9, n. 3, 2023. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v9i3.8736>.
- MACHADO, Nilson José. Matemática e língua materna: uma aproximação necessária. **Revista da Faculdade de Educação**, v. 15, n. 2, p. 161-166, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-25551989000200004>.
- MACHADO, Nilson José. **Matemática e língua materna: análise de uma impregnação mútua**. São Paulo: Cortez, 2011.
- MARINI, Janete Aparecida da Silva. Metacognição e leitura. **Psicologia Educacional e Escolar**, v.10, n. 2, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-85572006000200019>.
- MARTINS, Amanda; MAIA, Mayara; TINTI, Douglas da Silva. Utilizando a Gamificação em uma intervenção pedagógica nas aulas de matemática do 7.º ano. **Revista Insignare Scientia**, v. 3, n.1, p. 309-321, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2020v3i1.11228>.
- MASDUKI; KHOLID, Muhammad Noor, KHOTIMAH, Rita Pramujiyanti. Exploring students' problem-solving ability and response towards metacognitive strategy in mathematics learning. **Universal Journal of Educational Research**, v. 8, p. 3698-3703, 2020. DOI: [10.13189/ujer.2020.080849](https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080849).
- McGONIGAL, Jane. **Reality is broken: why games make us better and how they can change the world**. New York: Penguin Books, 2011.
- MESQUITA, Whilmarena Sidran Silva Lima. Ações didáticas centradas na gamificação que melhorem o processo de ensino aprendizagem da matemática dos alunos de 6º e 7º ano. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n.9, p. 2100-2110, 2025. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v11i9.20988>.
- MICHALSKY, Tova; BAKRISH, Hila. Contribution of metacognitive questions to accuracy of judgment of learning in a digital environment. **Heliyon**, v. 10, p. 1-16, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40055>.
- NASCIMENTO, Roberto; REIS, Josivan; PRINTES, Marcos; BARONE, Dante; TABORA, Jonathan.; TOSTES, Maria. Augmented reality applications in mathematics and science:

Exploring pedagogical viability in the Amazon region. **32nd Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE)**, Eindhoven, Netherlands, p. 1-6, June 2023.

NOVITA, Shally; SETYOWIBOWO, Hari; WIJAYANTI, Puspita Adhi Kusuma; ERWINA, Wina; YUDIANA, Whisnu; PURBA, Fredrick Dermawan; NOER, Afra Hafny. Exploring the impact of virtual reality-based mathematics learning on students' motivation: Protocol for a systematic review and meta-analysis. **PLOS One**, v. 20, n. 4, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319664>.

NUNOMURA, Andréa Regina Teixeira. **Modelagem matemática nos anos iniciais do ensino fundamental: Um olhar para os registros de representação semiótica**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021.

OKUMUS, Ozlem; OZTÜRK, Mesut. Metacognitive training for algebra teaching to high school students: An action research study. **Learning and Motivation**, v. 88, p. 1-14, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2024.102064>.

OLIVEIRA, Edvaldo Ramalho; CUNHA, Douglas da Silva. O uso da tecnologia no ensino da Matemática: contribuições do *software* GeoGebra no ensino da função do 1º grau. **Revista Educação Pública**, v. 21, n. 36, p. 1-7, 2021. DOI: 10-18264/REP.

OLIVEIRA, Luciano de; ROEHRS, Rafael. Linguagem imagética na transposição da linguagem algébrica no ensino e aprendizagem da matemática. **Ciência & Educação**, v. 29, p. 1-17, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320230006>.

OLIVEIRA, Saulo Macedo de; PACHECO, Angelica Aparecida. O que revelam pesquisas recentes sobre as potencialidades e aplicabilidades da Inteligência Artificial para o ensino e aprendizagem da Matemática na Educação Básica? **SciELO Preprints**, p. 1-20, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.11375>.

ÖZTÜRK, Mesut. An embedded mixed method study on teaching algebraic expressions using metacognition-based training. **Thinking Skills and Creativity**, v. 39, p. 1-15, 2021. DOI:10.1016/j.tsc.2021.100787.

PAN, Yanjun; KE, Fengfeng; XU, Xinhao. A systematic review of the role of learning games in fostering mathematics education in K-12 settings. **Educational Research Review**, v. 36, p. 1-13, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100448>.

PARTEE, Barbara.; MEULEN, Alice Ter.; WALL, Robert Eugene. **Mathematical methods in linguistics**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993.

PEIRCE, C. **Semiótica**. São Paulo: Perspectiva, 2005.

PEREIRA, Celia Alves; SANDMANN, André. Dificuldades do ensino da álgebra no ensino fundamental: algumas considerações. **RECIT – Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, v. 8. n. 15, 2017. DOI: 10.3895/recit.v8.n17.5047.

PERNAMBUCO. **Parâmetros para a Educação Básica do Estado de Pernambuco: Parâmetros Curriculares de Matemática para o Ensino Fundamental e Médio**. Secretaria de Educação de Pernambuco – Recife: SEEPE/CAED, 2012.

- PERNAMBUCO, Secretaria de Educação e Esportes. **Revista da Escola – Equipe Pedagógica Matemática**, SAEPE, Juiz de Fora, v.1, 2023.
- PIRES, Vanessa da Silva; RODRIGUÊS, Jeremias Stein. Os Registros Semióticos em equações do primeiro grau: uma análise sobre livros didáticos do Ensino Fundamental. **Revista Eletrônica da Matemática - REMAT**, v. 6, n. 2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.35819/remat2020v6i2id3919>.
- PUTRI, Devi Afriyantari Puspa; FATMAWATI, Azizah; HARYANTI, Yanti; MARYAM; MINALLOH, Aldin Nasrun; WIJAYA, Pandu Putra. Development of an Augmented Reality mobile application for interactive Geometry learning in children. In: **International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)**, 2025, p. 1-16, 2025. DOI: 10.1109/ECTI-CON64996.2025.11101056.
- QUARTIERI, Marli Teresinha; GUADAGNIN, Morgana; BIANCHINI, Rejane. Metacognição e ensino de geometria nos Anos Iniciais. In: **iv Congresso de Educação Matemática de América Central e o Caribe (CEMACYC)**, p. 1-8, 2025.
- RABELLO, Maria Guadalupe Dourado. **Estratégias metacognitivas de leitura na interação linguagem matemática-língua materna**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Linguagem) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2022.
- RABELLO, Maria Guadalupe Dourado; MADEIRO, Francisco; BARROS, Isabela Barbosa do Rêgo; SILVA, Alan Laurentino Dias da; SILVA JUNIOR, Leônidas José da. Estratégias metacognitivas de leitura no aplicativo “FraçãoTeen”: um caminho para o ensino-aprendizado das frações. **Cuadernos De Educación Y Desarrollo**, v. 15, n. 6, p. 4891-4907, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55905/cuadv15n6-003>.
- RINCON-FLORES, Elvira G.; SANTOS-GUEVARA, Brenda N.; MARTINEZ-CARDIEL, Lizette; RODRIGUEZ-RODRIGUEZ, Nadia K.; QUINTANA-CRUZ, Hernan A.; MATSUURA-SONODA, Alberto. Gamit! Icing on the cake for mathematics gamification. **Sustainability**, v. 15, p. 1-13, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15032334>.
- RODRIGUES, Luciane Machado. **Algebraticando na matemática: O jogo digital como um meio de motivação no ensino-aprendizado da álgebra no ensino médio integrado**. Dissertação (Educação Profissional e Tecnológica) - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, 2021.
- ROSSI, Nara Venâncio. **Uso de aplicativos para o ensino de Matemática na EJA: possibilidades e desafios**. TCC (Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Pedagogia) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2021.
- SAEPE. Institucional. Disponível em: <https://institucional.caeddigital.net/projetos/saepe-pe.html>>.
- SAIN, Anupam; KUSUM, Dr. Mind mapping: A metacognitive approach to elevate achievement in mathematics of secondary school students. **International Journal of Research – GRANTHAALAYAH**, v. 9, n. 7, p. 329-333, 2021. DOI: [10.29121/granthaalayah.v9.i7.2021.4115](https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v9.i7.2021.4115).

SALEH, Abdulrazak Yahya; MOSIDI, Mohd Amirullah Akmal Bin. Virtual Reality as a Teaching Aid Material for Kindergarten Teachers in Early Mathematics. **2022 2nd International Conference on Emerging Smart Technologies and Applications (eSmarTA)**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/eSmarTA56775.2022.9935401>.

SALVI, Rosana Figueiredo; FARIA, Renata Aparecida de; FELIX, Anágela Cristina Morete; SAVIOLI, Angela Marta Pereira das Dores; PAIVA, Jussara Patrícia Andrade Alves; CAMARGO FILHO, Paulo Sérgio de. **Teorias com abordagens semióticas: a ideia de contiguidade e possível diálogo interteórico em uma situação da Early Algebra**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2024.

SANTAELLA, Lucia. **Leitura de imagens**. São Paulo: Melhoramentos, 2012a.

SANTAELLA, Lúcia. **O que é semiótica**. São Paulo: Brasiliense, 2012b.

SANTANA, Raquel Gonçalves. **Contribuições da metacognição para a aprendizagem significativa sobre o Teorema de Pitágoras: Uma abordagem por meio da resolução de problemas**. Dissertação (mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2023.

SANTOS, Anderson Oramisio; OLIVEIRA, Guilherme Saramago de; SAAD, Núbia dos Santos. A metacognição e estratégias metacognitivas no processo de ensino e aprendizagem da matemática. **Revista Valore**, v. 6, p. 23-39, 2021. DOI: <https://doi.org/10.22408/revva602021103523-39>.

SANTOS, Anderson Oramisio; OLIVEIRA, Guilherme Saramago de; SANTOS, Josely Alves dos. Estratégias metacognitivas no ensino de matemática a partir da história da matemática. **Revista Científica do UBM**, v.25, n. 49, p.95-113, 2023. DOI: <https://doi.org/10.52397/rcubm.v25i49.1444>.

SANTOS, Daniela Costa dos; BARROS, José da Silva; SILVA, Luciano Pontes da. O papel diamante como quadro de registros de representação semiótica de números racionais. **Revista Científica - Recima21**, v. 6, n. 8, p. 1-29, 2025. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v6i8.6688>.

SILVA, Luciano Ferreira. O ensino de matemática através de jogos virtuais: O uso da gamificação em sala de aula. **Revista OWL (OWL Journal)**, v. 2, n.2, p. 165-179, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10955803>.

SILVA, Tiago Guerçon da. O Algeplan como recurso na aprendizagem de álgebra. **Revista Sociedade Científica**, v. 6, n. 1, 2023. DOI: 10.61411/rsc30406.

SJUTS, Johann. Metacognition – necessities and possibilities in teaching and learning mathematics. **Teaching Mathematics and Computer Science**, v. 23, n. 1, p. 69-87, 2025. DOI: 10.5485/TMCS.2025.15289.

SOARES, João Gabriel Cruz. **Um jogo digital como ferramenta de apoio ao ensino das operações aritméticas**. TCC (Trabalho de Conclusão do Curso de Ciência da Computação) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2023.

SOARES, João Gabriel Cruz; RABELLO, Maria Guadalupe Dourado; MADEIRO, Francisco. “AriTeenmética”: Uma ferramenta para apoio ao ensino das operações aritméticas.

Revista Educação Matemática em Foco, v. 12, n. 2, 2024. DOI: <https://doi.org/10.18391/rem.v12i2.2913>.

SOLÉ, Isabel. **Estratégias de leitura**. 6. ed. Porto Alegre: Penso, [1998], 2012.

SOUZA, Lana Priscila; JUCÁ, Sandro César Silveira. Inserção de Realidade Aumentada no ensino de Matemática: Uma revisão sistemática de literatura. **Revista Contexto e Educação**, n. 121, p. 1-21, 2024. DOI: <https://doi.org/10.21527/2179-1309.2024.121.14831>.

TAY, Lee Yong; CHAN, Melvin; CHONG, Sau Kew; TAN, Jing Yi; AIYOOB, Thaslim Begum. Learning of mathematics: A metacognitive experiences perspective. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 22, p. 561–583, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10763-023-10385-8>.

VELAZQUEZ, Farid Cortés; QUIROZ, Gregorio Castillo; LUNA, Manuel Cruz; CABRERA, Hugo Hernández. Diseño de una app como herramienta de apoyo para la enseñanza-aprendizaje del álgebra básica. **RITI Journal**, vol. 9, n. 18, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36825/RITI.09.18.006>.

VENANCIO, M. **Metacognição: um estudo exploratório com o Game educacional A Fazendinha Matemática aplicado em estudantes do ensino fundamental**. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2020.

VIEIRA, Edilenon Pinto; SALES, Reinaldo Eduardo da Silva. As potencialidades da Realidade Aumentada para o ensino de ciências da natureza e matemática na educação básica. **Revista Acadêmica Online**, v.11, n.56, p. 1-20, 2025. DOI: <https://doi.org/10.36238/2359-5787.2025.V11N56.1423>.

WANG, Guangming; KANG, Yueyuan; JIAO, Zicong; CHEN, Xia; ZHEN, Yiming; ZHANG, Dongli; SU, Mingyu. Development and Application of Intelligent Assessment System for Metacognition in Learning Mathematics among Junior High School Students. **Sustainability**, v. 14, p. 1-32, 2022a. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14106278>.

WANG, Guangming; ZHEN, Yiming; CHEN, Xia; KANG, Yueyuan; CUI, Baorui. Mathematical metacognitive characteristics of Chinese middle school students in efficient mathematics learning. **ZDM – Mathematics Education**, v. 54, p. 543–554, 2022b. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01366-2>.

ZAMORA, Prócoro Omar Butrón; RUIZ, José Gabriel Sánchez. Características en estrategias de aprendizaje en matemáticas por alumnos mexicanos de bachillerato. **Cuadernos de Investigación Educativa**, v. 12, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18861/cied.2021.12.1>.

ZHANG, Weizhong; LIAN, Rong. The impact of reading metacognitive strategies on mathematics learning efficiency and performance: An analysis using PISA 2018 data in China. **Acta Psychologica**, v. 246, p. 1-8, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104247>.

ZHU, Yan; HUANG, Jian; XU, Binyan. Metacognitive activities in high school students' mathematical modelling: findings from an epistemic network analysis. **ZDM – Mathematics Education**, p. 1-16, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11858-025-01664-5>.

APÊNDICE A

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE
PERNAMBUCO (UNICAP)

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: A LINGUAGEM MATEMÁTICA E ESTRATÉGIAS METACOGNITIVAS DE LEITURA EM UM APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA COMO FERRAMENTA DE APOIO AO ENSINO DA ÁLGEBRA

Pesquisador: MARIA GUADELUPE DOURADO RABELLO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 91656625.2.0000.5206

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE CATOLICA DE PERNABUCO

Patrocinador Principal: FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.870.341

APÊNDICE B**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) PARA OS
RESPONSÁVEIS**

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA LINGUAGEM
DOUTORADO EM CIÊNCIAS DA LINGUAGEM

**TÍTULO: A LINGUAGEM MATEMÁTICA E ESTRATÉGIAS METACOGNITIVAS
DE LEITURA EM UM APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA COMO
FERRAMENTA DE APOIO AO ENSINO DA ÁLGEBRA.**

PESQUISADORA RESPONSÁVEL: Maria Guadalupe Dourado Rabello. E-mail:
maria.2022800109@unicap.br. – Endereço: EREFEM Governador Barbosa Lima. Rua
Joaquim Távora, S/N. Graças – Recife – PE. CEP. 52011-000.

PESQUISADOR ASSISTENTE: Francisco Madeiro Bernardino Junior. E-mail:
francisco.madeiro@unicap.br.

Convidamos o estudante pelo qual você é responsável a participar da pesquisa intitulada:
**A LINGUAGEM MATEMÁTICA E ESTRATÉGIAS METACOGNITIVAS DE
LEITURA EM UM APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA COMO
FERRAMENTA DE APOIO AO ENSINO DA ÁLGEBRA.**

A participação do(a) aluno(a) neste estudo é completamente voluntária. Ele(a) participará da pesquisa pelo tempo que desejar e, se quiser, poderá desistir a qualquer momento, sem obrigação alguma de dar explicações. Garantimos que isso não trará nenhum prejuízo ou mudança de atitude por parte dos pesquisadores. Reforçamos ainda que esta participação não trará nenhum custo ou obrigação para você ou para o estudante.

O objetivo deste trabalho é investigar se determinadas estratégias contribuem para que os estudantes reflitam sobre seus conhecimentos e desenvolvam habilidades para compreender e resolver situações-problema relacionadas à Álgebra em um aplicativo com uso de Realidade

Aumentada. O aplicativo apresenta as atividades envolvendo diferentes formas de linguagens: matemática, língua materna, imagens, cores e sons, tudo isso com o intuito de facilitar e tornar a aprendizagem mais dinâmica e acessível.

Este estudo será realizado com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. Eles irão avaliar o potencial do aplicativo com uso de Realidade Aumentada e se este aplicativo é adequado para o ensino da Álgebra. Os dados da pesquisa serão coletados por meio de três formulários de avaliação individual, preenchidos de forma anônima e sem nenhuma identificação dos participantes.

A participação do estudante não envolve riscos que venham causar preocupações, mas pode gerar algum desconforto relacionado à desenvoltura durante o uso do aplicativo ou à realização das atividades ou, até mesmo, eventuais vergonha e constrangimento no preenchimento do formulário de avaliação. Estaremos atentos em dar as explicações devidas ao estudante e prestar esclarecimentos, de modo que todas as suas dúvidas sejam tiradas. Caso ainda haja desconforto de algum participante, este poderá ser encaminhado à Clínica de Psicologia da UNICAP, ou conversar com o grupo de educadoras de apoio da escola. Se algum estudante não quiser participar, poderá desistir da pesquisa sem nenhum problema para ele(a) ou para os pesquisadores. Como benefício aos participantes, podemos destacar um aplicativo para dispositivo móvel com uso de Realidade Aumentada para o ensino e aprendizado da Álgebra.

Os resultados da presente pesquisa serão apresentados em uma palestra para os participantes da pesquisa e para os professores do Ensino Fundamental II da escola, de modo que a devolução dos resultados estará devidamente garantida, sem que seja revelada a identidade dos estudantes. Ademais, iremos propor uma reunião, caso algum participante da pesquisa não tenha assistido à palestra, para que seja informado dos resultados da pesquisa. As informações obtidas a partir deste estudo serão tratadas, rigorosamente, em caráter sigiloso: os resultados serão divulgados com objetivos apenas científicos e analíticos.

Em caso de haver dúvidas adicionais sobre a participação dos estudantes, esclareça-as com a pesquisadora responsável. Não assine o termo se não concordar com a participação do estudante pelo qual é responsável, ou se suas dúvidas não forem esclarecidas satisfatoriamente.

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Li e entendi as informações e todas as minhas dúvidas foram respondidas satisfatoriamente. Aceito as condições e termos para que o estudante pelo qual sou responsável participe deste estudo.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação dos estudantes na pesquisa e concordo com a participação do(a) aluno(a) pelo qual sou responsável.

A pesquisadora Maria Guadalupe Dourado Rabello me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UNICAP, localizado na RUA DO PRÍNCIPE, 526 – BOA VISTA – BLOCO G4 – 6º ANDAR, SALA 609 – CEP 50050-900 - RECIFE – PE – BRASIL. TELEFONE:(81)2119.4041 ou 2119-4376 – ENDEREÇO ELETRÔNICO: cep@unicap.br

Havendo dúvida / denúncia com relação à condução da pesquisa deverá ser dirigida ao referido CEP no endereço acima citado.

Nome do voluntário

Assinatura do voluntário

/ /
Data

Assinatura do pai/mãe ou responsável legal

/ /
Data

Nome da pesquisadora responsável

Assinatura da pesquisadora responsável

/ /
Data

Nome do pesquisador assistente

Assinatura do pesquisador assistente

/ /
Data

Você irá receber uma cópia deste termo de consentimento para seu registro.

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA - CONEP
SRTV 702, Via W 5 Norte - Edifício PO 700, 3º andar – Asa Norte CEP: 70719-000
- Brasília-DF.

APÊNDICE C**TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE) PARA OS
ALUNOS**

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA LINGUAGEM
DOUTORADO EM CIÊNCIAS DA LINGUAGEM

TÍTULO: A LINGUAGEM MATEMÁTICA E ESTRATÉGIAS METACOGNITIVAS DE LEITURA EM UM APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA COMO FERRAMENTA DE APOIO AO ENSINO DA ÁLGEBRA.

Você está sendo convidado para participar da pesquisa: **A LINGUAGEM MATEMÁTICA E ESTRATÉGIAS METACOGNITIVAS DE LEITURA EM UM APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA COMO FERRAMENTA DE APOIO AO ENSINO DA ÁLGEBRA.**

Seus pais ou responsáveis permitiram que você participe desta pesquisa. O objetivo deste trabalho é investigar se determinadas estratégias contribuem para que você reflita sobre seus conhecimentos e desenvolva habilidades para compreender e resolver situações-problema relacionadas à Álgebra em um aplicativo com uso de Realidade Aumentada. O aplicativo apresenta as atividades envolvendo diferentes formas de linguagens: matemática, língua materna, imagens, cores e sons, tudo isso com o intuito de facilitar e tornar a aprendizagem mais dinâmica e acessível.

Os estudantes que irão participar desta pesquisa têm entre 14 e 16 anos de idade. Você não precisa participar da pesquisa se não quiser. É um direito seu e não terá nenhum problema caso você queira desistir. A pesquisa será feita na biblioteca da escola. O estudo será realizado com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental, os quais irão avaliar o potencial do aplicativo com uso de Realidade Aumentada e se este aplicativo é adequado para o ensino da Álgebra.

Primeiro você vai usar o aplicativo e logo depois irá responder a três formulários de avaliação individual e sem identificação dos participantes.

A sua participação na pesquisa é considerada segura. Mas é possível ocorrerem riscos que podem ser um possível desconforto quanto à desenvoltura na utilização do aplicativo ou na realização das suas atividades ou, até mesmo, desconforto no preenchimento do formulário de avaliação, mas estaremos atentos em dar as explicações devidas e prestar todos os esclarecimentos, de modo que todas as suas dúvidas sejam tiradas. Caso ainda haja desconforto e você não queira participar, poderá desistir da pesquisa sem nenhum problema para você ou para os pesquisadores. Caso aconteça algo errado, você pode me procurar pelo número de telefone: 3181 2868 - Maria Guadalupe Dourado Rabello.

Mas, há coisas boas que podem acontecer, como ter a oportunidade de usar um aplicativo para dispositivo móvel com uso de Realidade Aumentada para o ensino e aprendizado da Álgebra. Ninguém saberá que você está participando da pesquisa; não falaremos a outras pessoas, nem repassaremos a estranhos as informações fornecidas por você. Os resultados da pesquisa vão ser publicados, mas sem que você seja identificado.

Quando terminarmos a pesquisa, será realizada uma palestra com vocês que participaram e com os professores do Ensino Fundamental II da escola, de modo que a devolução dos resultados estará devidamente garantida, sem que seja revelada a sua identidade. Iremos propor uma reunião, caso você não tenha assistido à palestra, para que seja informado(a) dos resultados da pesquisa. Se você tiver alguma dúvida, pode me perguntar. Eu escrevi números dos telefones logo abaixo deste texto.

Assinatura da pesquisadora responsável

Tel.: (81) 3181 2868

Assinatura do pesquisador assistente

Tel.: (81) 2119 4006

CONSENTIMENTO PÓS INFORMADO

Eu, _____, aceito participar da pesquisa **A LINGUAGEM MATEMÁTICA E ESTRATÉGIAS METACOGNITIVAS DE LEITURA**

EM UM APLICATIVO DE REALIDADE AUMENTADA COMO FERRAMENTA DE APOIO AO ENSINO DA ÁLGEBRA e entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir e que ninguém vai ficar chateado. Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e apresentaram todas as informações para os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento. Li e concordo em participar da pesquisa.

Recife, (data), de (mês), de 2025.

Assinatura do PARTICIPANTE DA PESQUISA

Assinatura do PAI / MÃE ou RESPONSÁVEL LEGAL
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – CEP

Instituição mantenedora: Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP

Rua Do Príncipe, 526 – Boa Vista – Bloco G4 – 6º Andar, Sala 609

CEP 50050-900 – Recife/PE – BRASIL

Telefone: (81)2119-4041 - E-mail do CEP: cep@unicap.br

Endereço de website do CEP: <https://portal.unicap.br/institucional/cep>

Dias de atendimento do CEP: segunda a sexta-feira

Horário de atendimento do CEP: 9h30 – 13h30 / 14h30 – 18h30

Havendo dúvida / denúncia com relação à condução da pesquisa deverá ser dirigida ao referido CEP no endereço acima citado.

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA – CONEP SRTV 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar – Asa Norte 70719-040, Brasília – DF.

APÊNDICE D



QUESTIONÁRIOS DE AVALIAÇÃO DESTINADOS AOS ALUNOS

1) Responda SIM ou NÃO a dez questões:

PERGUNTAS		RESPOSTAS	
		SIM	NÃO
A.	O aplicativo é fácil de usar?		
B.	A tecnologia de Realidade Aumentada (RA), utilizada no aplicativo, contribuiu para um melhor entendimento dos problemas?		
C.	Você recomenda a um colega a opção “Você quer revisar?” disponibilizada no aplicativo?		
D.	Ficaram claras as resoluções passo a passo dos exemplos nas revisões?		
E.	Considera úteis as resoluções passo a passo?		
F.	Você gostou do Jogo da Memória?		
G.	Você já havia utilizado algum jogo da memória?		
H.	Se sua resposta da pergunta anterior foi sim, o jogo envolvia textos, imagens e áudios?		
I.	Você achou interessante a combinação de textos, imagens e áudios presentes nas atividades do aplicativo?		
J.	Você se sente motivado em usar o aplicativo para aprender a Álgebra?		

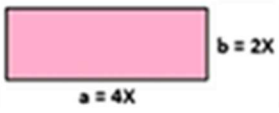

2) Assinale com um X a coluna que julgar mais adequada em relação a oito afirmativas sobre o aplicativo. Escala: 1. DISCORDO TOTALMENTE; 2. DISCORDO; 3. NEUTRO; 4. CONCORDO e 5. CONCORDO TOTALMENTE.

AFIRMATIVAS SOBRE O APLICATIVO		ESCALA				
		1	2	3	4	5
A.	A combinação de textos, imagens e cores presentes na revisão facilita a compreensão dos exemplos resolvidos					
B.	Está fácil de entender o passo a passo dos exemplos resolvidos					
C.	Se eu tiver dificuldade em entender algum passo dos exemplos resolvidos, posso voltar para o passo anterior para compreender melhor					
D.	O Jogo da Memória com uma combinação de textos, imagens, cores e áudios é mais motivador do que seria o mesmo jogo apenas com textos					
E.	O aplicativo traz problemas que fazem parte do meu cotidiano, de modo que me sinto motivado em resolvê-los					
F.	Eu recomendaria o aplicativo a um colega					
G.	Eu sugiro o aplicativo como um recurso didático para ser utilizado em sala de aula					
H.	Acho divertido usar o aplicativo e realizar as suas atividades com toda a combinação de textos, imagens, cores e áudios presentes em suas atividades.					

- 3) Para cada um dos cinco pares de telas a seguir, assinale com um X a tela de sua preferência em relação às atividades do aplicativo: A1 ou A2; B1 ou B2; C1 ou C2; D1 ou D2 e E1 ou E2.



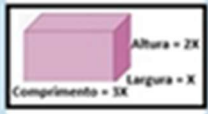
Telas	
A1	A2
<p style="text-align: center;">AlgebrAR</p> <hr/> <p>Desafio 2:</p> <p>Pedro quer arrumar seu quarto. Ele conseguiu 9 caixas de medidas iguais em formato de cubo para colocar alguns pertences pessoais. As arestas das caixas medem $2x$. Pedro possui um baú e gostaria de colocar todas as 9 caixas dentro dele. Quantas caixas ele conseguirá colocar dentro do baú?</p> <p>As medidas do baú são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Largura: $4x$; • Comprimento: $6x$; • Altura: $2x$. <p>Vamos revisar?</p> <p><input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/></p> <p style="text-align: center;">()</p>	<p style="text-align: center;">AlgebrAR</p> <hr/> <p>Desafio 2:</p> <p>Pedro quer arrumar seu quarto. Ele conseguiu 9 caixas de medidas iguais em formato de cubo para colocar alguns pertences pessoais. As arestas das caixas medem $2x$. Pedro possui um baú e gostaria de colocar todas as 9 caixas dentro dele. Quantas caixas ele conseguirá colocar dentro do baú?</p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Ver em Realidade aumentada"/></p> <p>Vamos revisar?</p> <p><input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/></p> <p style="text-align: center;">()</p>

Telas	
B1	B2
<p style="text-align: center;">AlgebrAR</p> <hr/> <p>Desafio 1:</p> <p>Amanda está participando da feira de conhecimentos de sua escola. Ela vai confeccionar um sólido geométrico e, para isso, precisa calcular a área total de todas as faces que compõem este sólido. Mas, ela tem dúvida no cálculo da área da face cor de rosa do sólido. Vamos ajudar Amanda?</p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Ver em Realidade aumentada"/></p> <p style="text-align: center;">()</p>	<p>Desafio 1:</p> <p>Amanda está participando da feira de conhecimentos de sua escola. Ela vai confeccionar um sólido geométrico e, para isso, precisa calcular a área total de todas as faces que compõem este sólido. Mas, ela tem dúvida no cálculo da área da face cor de rosa do sólido. Vamos ajudar Amanda?</p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Ver em Realidade aumentada"/></p> <p>Vamos revisar?</p> <p><input type="button" value="Sim"/> <input type="button" value="Não"/></p> <p style="text-align: center;">()</p>

Telas	
C1	C2
<p>Exemplo resolvido:</p> <p>Calcular a área do seguinte retângulo:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Área do retângulo (A) = a . b $A = 4X \cdot 2X$</p> <p>Como $X \cdot X = X^2$ (somam-se os expoentes da base: "1 + 1 = 2"), então:</p> <p>$A = 8X^2$</p> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> Desafio </div>	<p>Exemplo resolvido:</p> <p>Notamos que a face da peça cor de rosa é um retângulo e vamos supor que o seu comprimento mede $4x$ e a sua altura mede $2x$ como indicado na figura:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Área do retângulo (A) = Comprimento x Altura</p> <p>$A = 4x \cdot 2x$</p> <p>Nesta multiplicação algébrica, primeiro, iremos multiplicar os coeficientes:</p> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> Desafio </div>
()	()

Telas	
D1	D2
<p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">AlgebrAR</p> <hr/> <p>Desafio 1:</p> <p>Agora, que tal ajudar Amanda a calcular a área total das 6 faces do sólido?</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> Ver em Realidade aumentada </div> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> Responder </div> <div style="margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">A = 23x²</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">A = 21x²</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">A = 22x²</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">A = 20x²</div> </div>	<p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">AlgebrAR</p> <hr/> <p>Desafio 1:</p> <p>Agora, que tal ajudar Amanda a calcular a área total das 6 faces do sólido?</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> Ver em Realidade aumentada </div> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> Responder </div> <div style="margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">A = 23x²</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">A = 21x²</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">A = 22x²</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">A = 20x²</div> </div>
()	()

Telas

E1	E2
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Dois M mais dois L</p> <p>$V = 6X^3$</p> <p>O Cubo de um número mais 3</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>$X^3 + 3$</p> <p>$2M + 2L$</p> <p>$V = 3X \cdot X \cdot 2X$</p> </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>$2M + 2L$</p> <p>$V = 3X \cdot X \cdot 2X$</p> <p>$X^3 + 3$</p> </div> <div style="width: 45%;">    </div> </div>
()	()