

PRÁTICAS EDUCATIVAS

ENSINO E APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA ELEMENTAR (Vol. I)

Vanda Santos
Sónia Brito-Costa
Sofia Gonçalves
Sílvia-Natividad Moral-Sánchez
Fernando Martins (ORGS.)

ANO 2025

DESENVOLVIMENTO DA ARITMÉTICA MENTAL UTILIZANDO O JOGO SAM DA PLATAFORMA HYPATIAMAT

Verónica Pereira^{1,2}, Ana Gomes¹, Sílvia-Natividade Moral-Sánchez³, Ricardo Pinto⁴, Fernando Martins^{1,2,5,6}

¹Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, Portugal

²inED – Centro de Investigação e Inovação em Educação, Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, Portugal

³Departamento de didáctica de la matemática, de las CCSS y de las CCEE, Universidad de Málaga, Málaga, España

⁴Associação Hypatiamat

⁵Instituto de Telecomunicações, Delegação da Covilhã, Covilhã, Portugal

⁶SPRINT – Centro de Investigação & Inovação em Desporto, Atividade Física e Saúde, Portugal

veronicacarlaaspereira@gmail.com, anita_gomes99@outlook.pt, silviamoral@uma.es,
rmnpslb@gmail.com, fmlmartins@esec.pt

RESUMO

Este artigo tem como objetivo analisar de que forma o jogo sério SAM, da plataforma *HypatiaMat*, contribui para o desenvolvimento da aritmética mental dos alunos. Assente numa abordagem metodológica de investigação mista, de natureza interpretativa e com design de investigação-ação, os dados foram recolhidos através de observação direta e participante, documentos dos alunos e registos áudio e fotográficos, que possibilitaram a construção de Narrações Multimodais. Os resultados evidenciam uma evolução positiva ao nível da aritmética mental, nomeadamente na identificação de operações, estratégias de cálculo e resolução de situações problemáticas. Este artigo destaca a importância da integração de artefactos digitais no ensino da Matemática, promovendo aprendizagens significativas e o envolvimento dos alunos.

PALAVRAS-CHAVE: Aritmética Mental, Educação, Plataforma *HypatiaMat*, Jogo Sério, Narrações Multimodais

1. INTRODUÇÃO

No ensino da Matemática, as operações aritméticas fundamentais adição, subtração, multiplicação e divisão, constituem a base de muitos dos conteúdos curriculares (Huf et al., 2022). A sua compreensão é, contudo, uma dificuldade recorrente entre os alunos do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB), conforme apontado por diversos estudos (Dias, 2021; Rodrigues et al., 2021). Frequentemente, os alunos apresentam fragilidades na compreensão das operações mais complexas, por exemplo, as que envolvem decomposição ou empréstimo — bem como no entendimento dos princípios do sistema de numeração decimal (Martins & Ribeiro, 2013; Rodrigues et al., 2021).

Dada a centralidade das operações aritméticas na aprendizagem matemática, torna-se essencial criar oportunidades que envolvam os alunos ativamente na construção do conhecimento. Esta participação promove o raciocínio matemático e contribui para uma aprendizagem mais significativa (Oliveira & Souza, 2022). Tal abordagem responde aos princípios curriculares definidos para o ensino da Matemática, ao defender o desenvolvimento da capacidade de análise, interpretação e resolução de problemas em diferentes contextos (Ministério de Educação e Ciências (MEC), 2018).

No decorrer da prática letiva, desenvolvida no âmbito do Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB) e de Matemática e Ciências Naturais do 2.º CEB, no contexto da unidade curricular de Prática Educativa I, numa turma de 3.º ano do 1.º CEB identificaram-se dificuldades concretas na compreensão das operações aritméticas, o que impactava diretamente a resolução de tarefas. Por conseguinte, considerou-se pertinente promover o desenvolvimento do cálculo escrito e mental, articulado com o reforço da mobilização de conhecimentos prévios e da comunicação matemática (MEC, 2018). Como destaca Pinheiro (2022), muitas das dificuldades em aritmética têm origem na ausência de uma base sólida de conceitos elementares, o que compromete o desenvolvimento do pensamento matemático. A realização de tarefas que promovam o desenvolvimento da aritmética mental, por sua vez, contribuem para melhorar as capacidades de cálculo e raciocínio, promovendo avanços no desempenho intelectual e criativo (Shavkatovna & Gulbahor, 2021). De acordo com Heuvel-Panhuizen (2008), a aritmética mental exige cálculos flexíveis, centrados na compreensão das relações numéricas e das suas propriedades.

Simultaneamente, verificou-se, nos alunos, uma desmotivação face à aprendizagem da Matemática, um problema também identificado por outros autores como resultado da utilização excessiva de práticas tradicionalistas (Masola & Allevalo, 2019). Assim, torna-se essencial despertar o interesse dos alunos, promovendo a sua capacidade de reconhecer a aplicabilidade da Matemática em situações do quotidiano (Silva, 2022). Para tal, o papel do professor é fundamental, criando ambientes estáveis e oportunidades de aprendizagem integradas e contextualizadas (NCTM, 2007; Pires, 2022).

Neste artigo, destaca-se a importância da tecnologia no ensino. O Princípio da Tecnologia, proposto pelo NCTM (2007), salienta que o uso adequado de recursos tecnológicos aumenta a eficácia do ensino (Martins et al., 2022). A integração da tecnologia deve ser articulada com os materiais didáticos e com os objetivos pedagógicos, promovendo aprendizagens interativas e significativas (Lima & Lima,

2022). Para isso, o professor deve dominar e articular o conhecimento tecnológico, pedagógico e de conteúdo, segundo o modelo TPACK (Mishra & Koehler, 2006; Martins et al., 2022). Quando utilizada como ferramenta epistêmica, a tecnologia revela-se eficaz no desenvolvimento de competências gerais e conhecimentos específicos (Pinto et al., 2022).

Desta forma, os jogos sérios destacam-se como recursos inovadores, especialmente no ensino da Matemática (Freitas, Guiomar, et al., 2025). Considerando os avanços tecnológicos, estes jogos têm vindo a incorporar elementos que favorecem a aprendizagem de conteúdos complexos, promovendo competências como o raciocínio lógico, a concentração, a destreza e a perseverança (Ferreira & Dias, 2022; Gonçalves, 2011). Além disso, inseridos em contextos de *game-based learning* (GBL), permitem aos alunos aplicar conhecimentos em situações reais ou simuladas, fomentando aprendizagens significativas (Pinto et al., 2022; Gomes et al., 2022; Verdasca et al., 2020).

Entre os artefactos digitais atualmente disponíveis, destaca-se a plataforma *HypatiaMat*, desenvolvida para combater o insucesso escolar em Matemática (Pinto, 2019). Esta plataforma disponibiliza um conjunto diversificado de recursos digitais como jogos, vídeos, aplicações e materiais complementares, que abordam os conteúdos do programa do 1.º CEB (Escaroupa, 2022; Freitas, Guiomar, et al., 2025; Hortênsio, 2020; Pinto et al., 2022; Serra, 2021; Verdasca et al., 2020). Os jogos sérios da *HypatiaMat* combinam entretenimento com intencionalidade pedagógica, promovendo a compreensão dos conteúdos matemáticos e o domínio da linguagem simbólica própria da disciplina (Pinto, 2019). Particularmente, o jogo SAM, incluído nesta plataforma, foca-se no desenvolvimento do cálculo mental com base nas operações fundamentais.

Considerando as dificuldades diagnosticadas na turma de 3.º ano do 1.º CEB e o potencial educativo do jogo sério SAM, este artigo tem como objetivo analisar a influência do jogo SAM, da plataforma *HypatiaMat*, no desenvolvimento da aritmética mental, com foco nas operações referidas, em alunos do 3.º ano de escolaridade. Neste sentido pretende-se responder à seguinte questão de investigação: Será que o jogo sério SAM, da plataforma *HypatiaMat*, promove o desenvolvimento da aritmética mental nos alunos do 3.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB)?

2. FUNDAMENTAÇÃO E CONTEXTO

2.1 Aritmética mental

O ensino da Matemática assenta em dois pilares essenciais: o raciocínio lógico e a sua aplicabilidade no quotidiano dos alunos (Rocha, 2019; Rodrigues, 2020). O raciocínio lógico exige do aluno a capacidade de organizar e articular ideias, atribuindo significado ao pensamento (David, 2022; Scolari et al., 2007). Este raciocínio, frequentemente designado como lógico-dedutivo, é inerente à própria natureza da Matemática (Ponte et al., 2012; Ponte et al., 2020), assumindo um papel estruturante no seu desenvolvimento. Como referem Ponte et al. (2020), a Matemática parte de axiomas e regras de inferência para deduzir teoremas, sendo o raciocínio dedutivo o mecanismo que encadeia logicamente estas afirmações, produzindo conclusões válidas (Oliveira, 2008). Nesse sentido, Oliveira (2002) considera o raciocínio dedutivo como o elemento estruturante por excelência do conhecimento matemático.

Skovsmose (2001) identifica três formas distintas de conhecer: o conhecer matemático, centrado nas competências matemáticas fundamentais como os algoritmos das quatro operações (Guimarães, 2021); o conhecer tecnológico, associado à aplicação da Matemática na modelação de problemas reais (Martins & Fernandes, 2021); e o conhecer reflexivo, relacionado com as implicações sociais do uso da Matemática (Guimarães, 2021).

No âmbito da literacia matemática, Ponte (2002) destaca a importância da capacidade de aplicar conhecimentos numéricos e interpretar dados estatísticos no quotidiano. Martins e Fernandes (2021) reforçam esta visão, caracterizando a literacia matemática como um processo que envolve competências diversificadas, ligadas a múltiplos domínios matemáticos.

O desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático facilita a compreensão dos conteúdos e a sua aplicação em contextos reais (Rodrigues, 2020). Desde cedo, os alunos contactam com números, sequências e operações básicas, desenvolvendo gradualmente o pensamento aritmético (Mattos, 2020). Este pensamento integra as relações quantitativas e operatórias, sendo, por isso, crucial a consolidação das operações aritméticas (Lozada et al., 2021), as quais se revelam fundamentais na resolução de problemas (Esteves, 2022).

A aritmética e a resolução de problemas constituem, assim, dois eixos centrais da educação matemática (Holzman et al., 2021). A aritmética estuda as propriedades dos números e das operações (Seabra et al., 2010; Abualigah et al., 2021), permitindo ao aluno, através da automatização, realizar cálculos simples sem recorrer a algoritmos formais (Seabra et al., 2010). Por sua vez, a resolução de problemas desafia o aluno a aplicar estratégias diversas, promovendo o envolvimento ativo na aprendizagem (Varela, 2020; Proença, 2021;), dando sentido aos conceitos e à utilidade da Matemática (Holzmann et al., 2021).

Estudos de Iglesias-Sarmiento et al. (2020), Mecca et al. (2016) e Hubber et al. (2014) evidenciam que o desenvolvimento da aritmética está fortemente associado a fatores cognitivos, como a compreensão, a velocidade de processamento e, em particular, a memória de trabalho (Holzmann et al., 2021). Segundo o modelo de Baddeley e Hitch (1974), esta memória articula o armazenamento e o processamento da informação, funcionando como um sistema de curto prazo que interage com a memória de longo prazo (Simplício, 2018).

A memória de trabalho é composta por um componente executivo central e por dois sistemas subsidiários o fonológico e o viso-espacial, ambos com funções distintas no domínio da aritmética mental (DeStefano & LeFvre, 2010; Superbia-Guimarães & Camos, 2022). O executivo central, responsável pela regulação dos processos cognitivos complexos, é essencial na realização de cálculos mentais, pois permite ao aluno manter números em mente enquanto aplica regras conhecidas (Rivera et al., 2021).

A aritmética mental, por sua vez, não se limita a uma área específica da Matemática. Trata-se de uma abordagem flexível e prática dos números e das suas relações (Heuvel-Panhuizen, 2008; Serrazina & Rodrigues, 2020), envolvendo a resolução de operações sem o auxílio de papel e lápis, o que não deve ser confundido com a simples ausência de cálculo escrito (Heinze et al., 2020).

Durante a realização de tarefas aritméticas, o aluno recorre a diferentes estratégias, associadas à flexibilidade de cálculo (Flückiger & Rathgeb-Schnierer, 2022; Serrazina & Rodrigues, 2020). Esta flexibilidade está relacionada com o conceito de *Zahlenblickschulung*, “olhar para os números”, proposto por Rechtsteiner-Merz e Rathgeb-Schnierer (2017), que envolve a capacidade de identificar padrões, relações e propriedades numéricas úteis na resolução de problemas (Rathgeb-Schnierer & Green, 2019).

Assim, torna-se essencial promover, no ensino da Matemática, atividades que incentivem o desenvolvimento da aritmética mental e da flexibilidade de cálculo, integrando estratégias que aprofundem o conceito de número, as operações e os métodos de cálculo (Rathgeb-Schnierer & Green, 2019). A prática sistemática destas competências permite ao aluno reconhecer estruturas numéricas, ordenar e organizar problemas e aplicar raciocínios eficazes com base em relações previamente aprendidas (Heinze et al., 2020; Rechtsteiner-Merz & Rathgeb-Schnierer, 2017).

2.2 Artefactos digitais

As tecnologias têm assumido um papel crescente na sociedade, não apenas na produção e difusão do conhecimento científico, mas também na transformação da educação, promovendo práticas inclusivas e de qualidade (Castro & Lucas, 2022; Mendes & Câmara, 2020; Silva et al., 2021). No contexto educativo atual, é comum os alunos disporem de artefactos digitais como computadores, tablets ou smartphones, que integram múltiplas funcionalidades (Martins et al., 2022). A sua utilização, integrada de forma pedagógica e intencional, constitui um dos princípios orientadores para o ensino da Matemática (Castro & Lucas, 2022; NCTM, 2007).

Contudo, a simples introdução da tecnologia não garante aprendizagens significativas. Compete ao professor organizar ambientes de aprendizagem nos quais os recursos digitais sejam integrados de forma interdisciplinar, ajustando-se às necessidades dos alunos e aos objetivos curriculares (Muniz et al., 2021; Silva et al., 2023). Essa mediação implica uma seleção criteriosa das ferramentas digitais, considerando as suas potencialidades e limitações, bem como o contexto da turma (Silva et al., 2021).

O conceito de artefacto digital refere-se a qualquer produto gerado com recurso a tecnologias digitais, como software, websites, conteúdos visuais ou bases de dados, que, quando mobilizado em contexto de aprendizagem, contribui para a construção de conhecimento (Costa et al., 2021; Serra, 2021; Tsitouridou et al., 2018). A sua integração visa, sobretudo, inovar as práticas pedagógicas e criar ambientes de ensino mais dinâmicos, interativos e significativos, promovendo o sucesso educativo, em particular no ensino da Matemática (Escaroupa, 2022, Moreira et al., 2020; Pinto, 2014; Silva, 2021).

Neste âmbito, Figueiral (2017) alerta para a crescente aversão dos alunos à Matemática desde fases iniciais da escolaridade, afetando o seu desempenho e autoestima. Assim, torna-se relevante recorrer aos artefactos digitais como ferramentas epistémicas, na medida em que permitem ao aluno experienciar a Matemática de forma ativa e significativa (Costa et al., 2021; NCTM, 2007; Serra, 2021). Esta transformação ocorre quando, sob orientação do professor, os artefactos são usados como

instrumentos de mediação cognitiva, tornando os alunos protagonistas da sua própria aprendizagem (Lopes & Costa, 2021).

Segundo Costa et al. (2021), um artefacto digital converte-se em ferramenta epistémica quando: (1) é utilizado eficazmente para resolver tarefas num contexto educativo; (2) se associa a outros artefactos com intencionalidade pedagógica; e (3) integra uma cadeia de instrumentos orquestrados que ligam o conhecimento ao saber-fazer. Assim, cabe ao professor gerir essa orquestração instrumental, articulando diferentes recursos em função de objetivos concretos (Guedet et al., 2012; Trouche, 2004; Silva et al., 2023).

A orquestração instrumental, enquanto processo didático, envolve a organização de configurações específicas e modos de exploração das mesmas (Silva et al., 2023). Existem diferentes tipos de orquestração, tais como *technical-demo*, *explain-the-screen*, *link-screen-board*, *discuss-the-screen*, *spot-and-show*, *Sherpa-at-work* (Trouche, 2004), *work-and-walk-by* (Drijvers, 2012), entre outras (Drijvers et al., 2010; Monteiro & Costa, 2021). O presente estudo insere-se na orquestração *work-and-walk-by*, onde os alunos trabalham individualmente com computadores, enquanto o professor circula, monitoriza e apoia as aprendizagens (Escaroupa, 2022).

Neste cenário, destaca-se a plataforma *HypatiaMat*, concebida para combater o insucesso na Matemática e promover aprendizagens significativas (Pinto, 2019; Pinto et al., 2022). Esta plataforma disponibiliza uma ampla gama de recursos, aplicações, jogos sérios, vídeos, tarefas, guiões, alinhados com os temas e competências do currículo do 1.º CEB (Verdasca et al., 2019; Verdasca et al., 2020). Através destes recursos, os alunos podem desenvolver o sentido de número, estratégias de cálculo mental, raciocínio matemático e resolução de problemas (Pinto et al., 2022).

Considerada uma ferramenta epistémica, a plataforma *HypatiaMat* promove o envolvimento ativo dos alunos e contribui para melhorar tanto as práticas docentes como os resultados dos alunos, desde que utilizada de forma intencional e intensiva (Verdasca et al., 2020). Os fatores que sustentam essa eficácia incluem a personalização do ritmo de aprendizagem, o estímulo à autonomia, o vocabulário matemático específico, o feedback contínuo e a diversidade de recursos (Pinto, 2014; Santos, 2021).

Estudos empíricos têm demonstrado os efeitos positivos da plataforma *HypatiaMat*. Hortênsio (2020) verificou melhorias na resolução de problemas e na explicação do raciocínio através da *Applet Calculus*. Serra (2021) constatou, com a *Applet Representar por Frações*, um impacto positivo na compreensão do conceito de fração. Escaroupa (2022), utilizando a *Applet CalcRapid*, observou progressos no raciocínio, na comunicação matemática e na fluência com números e operações. Além disso, esta investigação identificou uma perceção acrescida de motivação e persistência nos alunos, associadas ao uso regular da *applet*.

Deste modo, a plataforma *HypatiaMat* revela-se um artefacto tecnológico eficaz para o desenvolvimento da aritmética mental no 1.º CEB, constituindo-se como mediador epistémico nos processos de ensino e de aprendizagem.

2.3 Jogo S3rio

O insucesso escolar tem m3ltiplas origens, exigindo estrat3gias de interven33o diversificadas e articuladas em diferentes n3veis (Pimentel et al., 2020; Severino, 2020). As investiga33es sobre pr3ticas pedag3gicas eficazes t3m vindo a destacar abordagens que proporcionem aos alunos experi3ncias de aprendizagem significativas e prazerosas, respeitando a sua individualidade (Ferreira et al., 2021). Neste sentido, o recurso a diferentes materiais, f3sicos e digitais, como jogos e atividades l3dicas, revela-se uma estrat3gia eficaz para fomentar o interesse e desenvolver compet3ncias diversas (Ferreira et al., 2021; Reis & Almeida, 2020).

Na atualidade, os alunos s3o considerados nativos digitais, com elevada flu3ncia tecnol3gica, o que justifica a integra33o de recursos digitais como uma ferramenta estrat3gica no ensino, contribuindo para a motiva33o e o refor3o das aprendizagens (Silva & Souza, 2019; Silva et al., 2021). Uma dessas estrat3gias passa pela utiliza33o do jogo como recurso did3tico, pois este favorece o relacionamento interpessoal, promove o trabalho cooperativo, estimula a autonomia, desenvolve compet3ncias cognitivas e evita a monot3nia na sala de aula (Barbieri et al., 2021; Ferreira, 2021).

Quando usado com intencionalidade pedag3gica, o jogo assume um car3ter de ferramenta epist3mica, transformando-se em *jogo s3rio*. Ao contr3rio do jogo tradicional, focado no entretenimento, o jogo s3rio persegue objetivos espec3ficos — sejam eles educacionais, militares, de sa3de ou de pol3ticas p3blicas — e tem como finalidade a aquisi33o de conhecimento (Anastasiadis et al., 2018; Checa & Bustillo, 2020). A sua estrutura envolve regras bem definidas, objetivos claros e contextos simulados que mobilizam o racioc3nio e a tomada de decis3o (Carmo et al., 2017; Rawansyah et al., 2021).

No contexto do *Game-based learning*, o aluno assume o papel central no processo de aprendizagem (Checa & Bustillo, 2020). Para que esta abordagem seja eficaz, o professor deve compreender os fundamentos te3ricos do jogo s3rio e adaptar a sua aplica33o às caracter3sticas dos alunos (Krath et al., 2021; Zhonggen, 2019). Este modelo pedag3gico 3 sustentado pelas principais teorias da aprendizagem — comportamentalista, cognitivista e humanista — que explicam diferentes dimens3es do aprender (Casanova et al., 2018).

A teoria comportamentalista, defendida por Watson e Skinner, valoriza a modifica33o do comportamento por meio de refor3os e est3mulos em ambientes organizados (Gaspar et al., 2020). J3 a teoria cognitivista sublinha o papel do conhecimento pr3vio na constru33o de novas aprendizagens significativas (Silva & Barbosa, 2020). Por sua vez, a teoria humanista enfatiza a aprendizagem centrada no aluno e o papel do professor como facilitador (Andrade et al., 2019; Casanova et al., 2018).

Neste enquadramento, os jogos s3rios destacam-se como ferramentas promotoras de motiva33o, envolvimento e comunica33o, permitindo aos alunos assumirem uma postura ativa e reflexiva na constru33o do seu saber (Anastasiadis et al., 2018; Barbieri et al., 2021; Steege et al., 2011). A diversidade de jogos dispon3veis possibilita uma sele33o adequada aos conte3dos curriculares, aos objetivos pedag3gicos e às necessidades dos alunos (Barros, 2018; Carvalho, 2017).

Além disso, os jogos digitais exploram o interesse natural dos alunos pelas tecnologias, sendo ferramentas que promovem não apenas o conhecimento, mas também a autoconfiança e a motivação (Rawansyah et al., 2021). A sua riqueza de representações facilita a assimilação de conceitos e conteúdos (Anastasiadis et al., 2018).

No ensino da Matemática, os jogos sérios revelam-se especialmente eficazes, ao estimularem o raciocínio lógico e a compreensão dos conceitos matemáticos (Souza et al., 2020), permitindo ainda o desenvolvimento de competências aplicáveis em contextos reais (Barbieri et al., 2021). Gonçalves (2011) destaca várias vantagens da sua utilização, como o alargamento da linguagem matemática, o estímulo ao cálculo mental, a elaboração de estratégias de resolução de problemas, a concentração, a perseverança e a criatividade (Soares & Nóbrega, 2022). Durante esse processo, o professor atua como orientador e questionador, ajudando os alunos a estruturar e refletir sobre os raciocínios desenvolvidos (Barros, 2018). Adicionalmente, com o auxílio de software educativo, é possível monitorizar o progresso dos alunos e ajustar as práticas pedagógicas (Fraga-Varela et al., 2021).

Uma das plataformas digitais que se tem destacado na disponibilização de jogos sérios para o ensino da Matemática é a *HypatiaMat*, cujo objetivo é “fomentar a utilização de jogos sérios (...) orientados para a promoção de competências lógico-matemáticas e para o desenvolvimento de competências transversais” (Pinto, 2019, p. 187). Esta plataforma oferece um conjunto de recursos que se articulam com o currículo e contribuem para a melhoria das aprendizagens e o aumento do gosto pela disciplina.

3. METODOLOGIA

3.1 Descrição da metodologia de investigação

Tendo por base os objetivos definidos e a questão de investigação, este estudo adota uma abordagem metodológica de natureza mista, de carácter interpretativo e com um design de investigação-ação (Amado, 2017; Bogdan & Biklen, 2013; Creswell & Clark, 2018).

A investigação mista permite a combinação de metodologias quantitativas e qualitativas na recolha e análise de dados (Traqueia et al., 2021), possibilitando, entre outras finalidades, generalizar resultados qualitativos, aprofundar a compreensão de dados quantitativos ou corroborar conclusões (Galvão et al., 2017). De acordo com Creswell e Clark (2018) e Amaral e Vieira (2019), os métodos mistos pressupõem a recolha rigorosa de informação qualitativa e quantitativa, articulada segundo um design específico que assegure a coerência metodológica, a credibilidade dos dados e a exequibilidade da investigação. Esta abordagem permite que os dados sejam analisados de forma independente e posteriormente comparados, verificando se os resultados se confirmam ou se se complementam (Creswell, 2014; Creswell & Clark, 2018).

A dimensão qualitativa da investigação assume uma perspetiva compreensiva, ancorada no ambiente natural como fonte de dados. Permite compreender e interpretar fenómenos sociais de forma crítica e reflexiva, exigindo do investigador uma postura analítica e um domínio teórico e metodológico significativo (Amado, 2017; Freire &

Macedo, 2022; Gonçalves, 2010). Este tipo de investigação caracteriza-se pela proximidade com os participantes e pela valorização das suas experiências subjetivas (Gonçalves et al., 2021; Resende, 2016), sendo mais centrada nos processos do que nos resultados (Amado, 2017; Rodrigues, 2021).

Por sua vez, a investigação quantitativa tem vindo a assumir um papel relevante no campo educacional, dada a sua capacidade de descrever fenómenos, testar hipóteses e fornecer evidências empíricas úteis à tomada de decisões pedagógicas (Amado, 2017; Yue & Xu, 2019). Trata-se de uma abordagem sequencial e comprobatória (Nascimento & Cavalcante, 2018), que permite generalizar resultados por meio de procedimentos estatísticos, recorrendo a ferramentas tecnológicas para organizar, descrever e interpretar os dados (Nascimento & Cavalcante, 2018). Como salientam Prodanov e Freitas (2013), tudo o que pode ser traduzido em números, opiniões, percepções, comportamentos, pode também ser quantificado e analisado (p. 69).

A presente investigação enquadra-se, especificamente, numa metodologia mista paralela convergente (Creswell, 2014), na qual os dados qualitativos e quantitativos foram recolhidos simultaneamente, sendo depois comparados de modo a alcançar uma análise mais integrada e abrangente do problema. Esta abordagem permite a quantificação de dados qualitativos e a qualificação de dados quantitativos, aumentando a validade e a explicação dos resultados obtidos (Pocinho & Matos, 2022).

O investigador desempenhou o papel de observador participante (Souza Minayo & Costa, 2018), estando inserido no contexto educativo dos participantes, o que possibilitou uma análise mais próxima das interações, reflexões contínuas sobre a intervenção e ajustes aos instrumentos de recolha de dados. Foram utilizados diversos instrumentos, incluindo registos fotográficos e áudio, guiões de exploração preenchidos pelos alunos, gravações de ecrã através do BB Flashback, bem como os dados recolhidos pelo BackOffice do jogo SAM (Gomes, 2023).

Alguns desses instrumentos serviram de base à construção das Narrações Multimodais (NM), enquanto recurso que agrega diferentes tipos de dados, imagens, diálogos, ações, trabalhos realizados, num único documento, permitindo uma análise reflexiva e crítica da prática educativa (Lopes & Viegas, 2021).

Em termos de *design* metodológico, a investigação integra claramente uma abordagem de investigação-ação, uma vez que promove a reflexão crítica sobre a prática, fomentando a produção de conhecimento, a inovação pedagógica e o desenvolvimento profissional dos participantes (Cardoso & Rego, 2017; Coutinho et al., 2009; Pereira, 2021). De acordo com Cardoso e Rego (2017), a investigação-ação visa aumentar a compreensão dos fenómenos em estudo e promover mudanças conscientes e deliberadas, com vista à melhoria da ação educativa. Como defende Oliveira-Fomoso (2008), esta abordagem permite ao professor investigar e transformar a sua própria prática pedagógica. Durante a intervenção, e em coerência com o espírito da investigação-ação, foram realizados ajustamentos entre sessões, como a integração de mais momentos de partilha e discussão coletiva, bem como o reforço da utilização de artefactos digitais na sala de aula, nomeadamente, o acesso individual ao Jogo Sériu em computadores, com vista a uma participação mais ativa e equitativa dos alunos.

3.2 Contexto de estudo

Este estudo foi desenvolvido no ano letivo de 2020/2021, numa turma do 3.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico, numa escola da cidade de Coimbra. A turma era composta por 18 alunos, em número equilibrado entre sexos (nove rapazes e nove raparigas), com idades compreendidas entre os 8 e os 9 anos. Participaram efetivamente na investigação 17 alunos, uma vez que um dos alunos, abrangido pelo Decreto-Lei n.º 54/2018, não acompanhava os conteúdos programáticos de Matemática do 3.º ano, embora tenha realizado algumas das tarefas propostas.

A maioria dos alunos era de nacionalidade portuguesa, existindo também alunos de origem cabo-verdiana, brasileira e venezuelana, todos com domínio funcional da língua portuguesa. Em termos curriculares, a turma apresentava um bom desempenho global, embora com maiores dificuldades nas disciplinas de Matemática e Estudo do Meio. Cinco alunos estavam abrangidos por medidas de suporte à aprendizagem e à inclusão, frequentando o Apoio Educativo, sendo que três tinham avaliação diferenciada e dois eram acompanhados pela EMAEI. Um destes alunos recebia, adicionalmente, apoio de serviços especializados externos na área da Terapia da Fala e Psicologia. Do ponto de vista comportamental, os alunos demonstravam uma atitude cooperante e participativa nas atividades propostas. Até ao momento da implementação do estudo, os conteúdos matemáticos abordados incluíam a leitura, representação e comparação de números naturais até à centena de milhar, bem como as operações de adição, subtração e multiplicação, com respetivas propriedades e algoritmos. A prática pedagógica valorizava a resolução de problemas e o desenvolvimento do raciocínio matemático, através de tarefas que promoviam a expressão oral e escrita das estratégias utilizadas (Gomes, 2023).

3.3 Jogo SAM

A plataforma *HypatiaMat* disponibiliza diversos recursos pedagógicos digitais, incluindo aplicações e jogos sérios alinhados com o currículo do 1.º Ciclo do Ensino Básico e orientados para o desenvolvimento de competências transversais (Pinto, 2022). No presente estudo, foi selecionado o jogo Sérioso SAM, com o objetivo de promover o desenvolvimento da aritmética mental em alunos do 3.º ano.

Figura 1

Representação do jogo SAM



O jogo SAM destina-se a crianças com menos de 10 anos e foca-se no treino das operações de adição, subtração e multiplicação, incentivando o desenvolvimento do sentido de número, da destreza operatória e da compreensão das propriedades e relações entre operações (Lozada et al., 2021; Reinaldo, 2022). Ao dominar essas relações, os alunos conseguem estabelecer conexões mais claras entre os contextos dos problemas e os cálculos adequados, favorecendo o uso de estratégias diversificadas (Reinaldo, 2022).

Durante o jogo, o objetivo é eliminar todos os números apresentados no quadro, selecionando pares de números que, ao serem operados segundo a operação indicada, resultem no valor pretendido. O jogo inclui uma bonificação especial sempre que o jogador utiliza casas assinaladas com estrelas, multiplicando o valor por dez. Existem dois modos de jogo: o modo “treinar”, no qual o jogador escolhe as operações a praticar, e o modo “jogar”, que combina as três operações de forma aleatória. Em ambos os modos, o tempo para resolver cada desafio é de 20 segundos. O progresso dos alunos pode ser monitorizado através do *backoffice* da plataforma, onde ficam registadas todas as interações realizadas, integrando-se plenamente na lógica da aprendizagem ativa e tecnológica.

3.4 Design do estudo

A investigação decorreu entre fevereiro e junho de 2021, integrada na Prática Educativa no 1.º Ciclo do Ensino Básico, com autorização prévia dos Encarregados de Educação, do Instituto de Ensino Superior e do Agrupamento de Escolas. O estudo foi desenvolvido numa turma de 3.º ano, numa escola da cidade de Coimbra, envolvendo 17 alunos, e estruturou-se em três fases: pré-intervenção, intervenção e pós-intervenção (Gomes, 2023).

Na fase de pré-intervenção, e devido às restrições da COVID-19, em vigor à data da implementação do estudo, procedeu-se ao registo dos alunos na plataforma *HypatiaMat* e à criação dos passaportes de acesso. Posteriormente, em regime presencial, foi aplicada uma situação problemática com quatro tarefas matemáticas, (Gomes, 2023), com o objetivo de identificar as principais dificuldades dos alunos na resolução de problemas envolvendo adição, subtração e multiplicação.

A fase de intervenção compreendeu sete sessões. Iniciou-se com a exploração orientada da plataforma *HypatiaMat* e do jogo SAM, promovendo a familiarização com o recurso digital. Os alunos trabalharam alternadamente com os computadores disponíveis (limitados a três), enquanto os restantes preenchiam guiões de apoio contendo representações simplificadas do jogo, onde identificavam operações e justificavam as suas escolhas com recurso a esquemas ou linguagem matemática. Cinco das sete sessões centraram-se na manipulação do jogo SAM e no registo das estratégias utilizadas. As duas sessões restantes foram organizadas com base no ensino exploratório (Canavarro, 2011; Canavarro et al., 2012; Freitas, Abbasi, et al., 2025), fomentando a partilha e discussão coletiva de estratégias e raciocínios matemáticos, promovendo uma comunicação matemática mais elaborada (Faria & Rodrigues, 2020). Durante as sessões, foi aplicado um modelo de orquestração instrumental “work-and-walk-by” (Drijvers, 2012), com a professora a circular pela sala, monitorizando e apoiando os alunos na

realização das tarefas. Devido ao número reduzido de computadores, os alunos jogaram em pequenos grupos, por turnos, com acompanhamento individualizado.

A fase de pós-intervenção consistiu na resolução de uma nova folha de exploração, com tarefas semelhantes às da fase inicial, permitindo comparar os dados recolhidos e avaliar a evolução dos alunos no desenvolvimento da aritmética mental.

3.5 Recolha e análise de dados

A recolha de dados nesta investigação foi realizada através da observação participante da professora estagiária, dos guiões de exploração preenchidos pelos alunos, dos registos fotográficos e dos registos de áudio. Todos os dados foram recolhidos com o consentimento informado dos Encarregados de Educação e das entidades escolares envolvidas, destinando-se exclusivamente a fins científicos (Gomes 2023).

A observação participante, enquanto técnica de recolha de dados, permite ao investigador uma participação ativa nas atividades de investigação, estabelecendo um contacto direto, contínuo e prolongado com os participantes (Mónico et al., 2017; Pawlowski et al., 2016). Esta abordagem posiciona o investigador como instrumento central de recolha, capaz de descrever detalhadamente os componentes e a dinâmica das situações observadas (Correia, 2009).

A análise qualitativa foi aprofundada através da construção de Narrações Multimodais (NM), com base no protocolo metodológico de Lopes et al. (2018). As NM constituem um instrumento teórico-metodológico que descreve, de forma detalhada e integrada, o processo de ensino e aprendizagem, incluindo as intenções do professor, o apoio prestado durante a tarefa e as reações dos alunos (Candiani & Souza Cruz, 2020; Lopes & Viegas, 2021). Nesta investigação, foram construídas duas NM, uma referente à sessão de exploração dos guiões do jogo SAM e outra à sessão de resolução da situação problemática inicial, descrevendo episódios de partilha de estratégias e raciocínios entre alunos e professora. Cada NM inclui uma contextualização da aula, seguida de um relato descritivo e multimodal dos episódios, e é validada por um terceiro elemento para garantir a sua precisão, legibilidade e fiabilidade (Lopes & Viegas, 2021; Lopes et al., 2018).

A análise dos dados foi estruturada com base num critério de quatro níveis de conhecimento (Quadro 1), adaptado de Escaroupa (2022).

Quadro 1

Critério com quatro níveis de conhecimento

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
A resolução não demonstra conhecimento dos conceitos matemáticos envolvidos ou não responde.	A resolução demonstra limitados conhecimentos acerca dos conceitos matemáticos envolvidos e contém bastantes incorreções.	A resolução demonstra alguns conhecimentos acerca dos conceitos matemáticos envolvidos e contém algumas incorreções.	A resolução demonstra um conhecimento acerca dos conceitos matemáticos envolvidos na tarefa.

Para as tarefas da fase de pré-intervenção e pós-intervenção, foram definidos descritores específicos por nível de conhecimento, alinhados com os objetivos de aprendizagem de cada tarefa (Quadro 2), sendo estes adaptados de Escaroupa (2022).

Quadro 2

Descritores do nível de conhecimento por objetivo específico das tarefas

Tarefa 1	Objetivos específicos			
	Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3	Objetivo 4
Níveis de conhecimento	Interpretar a situação problemática, compreendendo a operação que terá de utilizar (multiplicação) e identificá-la	Identificar os fatores no contexto da situação problemática	Efetuar a multiplicação	Apresentar e justificar a resposta, identificando o resultado, no contexto da situação problemática
Nível 1	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática.	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática.	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática.	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática.
Nível 2	Reconhecer a necessidade de recorrer à operação multiplicação, apresentando bastantes incorreções na compreensão e resolução da situação problemática.	Apresentar a multiplicação, destacando bastantes incorreções na representação do cálculo.	Efetuar a multiplicação, apresentando bastantes incorreções na resolução do cálculo.	Apresentar e justificar uma resposta parcialmente desadequada à situação problemática.
Nível 3	Reconhecer a necessidade de recorrer à operação multiplicação, apresentando algumas dificuldades na compreensão e resolução da	Apresentar a multiplicação, destacando algumas incorreções na representação do cálculo.	Efetuar a multiplicação, apresentando algumas incorreções na resolução do cálculo.	Apresentar e justificar a resposta, de forma adequada à situação problemática, ainda que o resultado esteja incorreto.

		situação problemática.		
Nível 4	Reconhecer a necessidade de recorrer à operação multiplicação, apresentando representações verbais, visuais, ou simbólicas na resolução da situação problemática.	Apresenta a multiplicação e identifica os fatores.	Efetuar o cálculo, corretamente, obtendo como resultado final.	Apresentar e justificar a resposta, de forma adequada à situação problemática, identificando que o valor obtido e o respetivo significado.
Tarefa 2	Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3	Objetivo 4
Níveis de conhecimento	Interpretar a situação problemática, compreendendo a operação que terá de utilizar (multiplicação) e identificá-la	Reconhecer e identificar os fatores no contexto da situação problemática	Efetuar a multiplicação	Apresentar e justificar a resposta, identificando o resultado no contexto da situação problemática
Nível 1	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática.	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática.	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática.	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática.
Nível 2	Reconhecer a necessidade de recorrer à operação adição e multiplicação, apresentando bastantes incorreções na compreensão e resolução da situação problemática.	Apresentar a adição e a multiplicação, destacando bastantes incorreções na representação do cálculo.	Efetuar a adição e a multiplicação, apresentando bastantes incorreções na resolução do cálculo.	Apresentar e justificar uma resposta parcialmente desadequada à situação problemática.
Nível 3	Reconhecer a necessidade de recorrer à operação adição e multiplicação, apresentando	Apresentar a adição e a multiplicação, destacando algumas incorreções na	Efetuar a adição e a multiplicação, apresentando algumas incorreções na	Apresentar e justificar a resposta, de forma adequada à situação problemática,

		algumas dificuldades na compreensão e resolução da situação problemática.	representação do cálculo.	resolução do cálculo.	ainda que o resultado esteja incorreto.
	Nível 4	Reconhecer a necessidade de recorrer à operação multiplicação, apresentando representações verbais, visuais, ou simbólicas na resolução da situação problemática.	Apresenta a adição e a multiplicação e identifica os fatores.	Efetuar a adição e a multiplicação, corretamente.	Apresentar e justificar a resposta, de forma adequada à situação problemática, identificando que o valor obtido.
Tarefa 3	Níveis de conhecimento	Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3	Objetivo 4
		Interpretar a situação problemática, compreendendo a operação que terá de utilizar (adição) e identificá-la	Reconhecer e identificar as parcelas no contexto da situação problemática	Efetuar a operação adição	Apresentar e justificar a resposta, identificando o resultado da operação no contexto da situação problemática
	Nível 1	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática.	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática.	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática.	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática.
	Nível 2	Reconhecer a necessidade de recorrer à operação adição, apresentando bastantes incorreções na compreensão e resolução da situação problemática.	Apresentar a adição, destacando bastantes incorreções na representação do cálculo.	Efetuar a adição, apresentando bastantes incorreções na resolução do cálculo.	Apresentar e justificar uma resposta parcialmente desadequada à situação problemática.
	Nível 3	Reconhecer a necessidade de	Apresentar a adição,	Efetuar a adição, apresentando	Apresentar e justificar a

		recorrer à operação adição, apresentando algumas dificuldades na compreensão e resolução da situação problemática.	destacando algumas incorreções na representação do cálculo.	algumas incorreções na resolução do cálculo.	resposta, de forma adequada à situação problemática, ainda que o resultado esteja incorreto.
	Nível 4	Reconhecer a necessidade de recorrer à operação multiplicação, apresentando representações verbais, visuais, ou simbólicas na resolução da situação problemática.	Apresenta a adição e identifica os fatores corretos	Efetuar o cálculo, corretamente	Apresentar e justificar a resposta, de forma adequada à situação problemática, evidenciando que o valor obtido
Tarefa 4	Níveis de conhecimento	Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3	Objetivo 4
		Interpretar a situação problemática, compreendendo as operações que terá de utilizar (subtração e multiplicação) e identificá-la	Reconhecer e identificar o aditivo e o subtrativo e os fatores no contexto da situação problemática	Efetuar as operações (subtração e multiplicação)	Apresentar e justificar a resposta, identificando o resultado no contexto da situação problemática
	Nível 1	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática	Não apresentar qualquer resolução ou apresentar uma resolução que em nada se relaciona com a situação problemática
	Nível 2	Reconhecer a necessidade de recorrer à operação subtração e multiplicação, apresentando bastantes incorreções na compreensão e	Apresentar a subtração e a multiplicação, destacando bastantes incorreções na representação do cálculo	Efetuar a subtração e a multiplicação, apresentando algumas incorreções na resolução do cálculo	Apresentar e justificar uma resposta parcialmente desadequada à situação problemática.

	resolução da situação problemática			
Nível 3	Reconhecer a necessidade de recorrer à operação subtração e multiplicação, apresentando algumas dificuldades na compreensão e resolução da situação problemática	Apresentar a subtração e a multiplicação, destacando algumas incorreções na representação do cálculo	Efetuar a subtração e a multiplicação, apresentando algumas incorreções na resolução do cálculo	Apresentar e justificar a resposta, de forma adequada à situação problemática, ainda que o resultado esteja incorreto.
Nível 4	Reconhecer a necessidade de recorrer à operação multiplicação, apresentando representações verbais, visuais, ou simbólicas na resolução da situação problemática.	Apresenta a subtração e a multiplicação e identifica os fatores	Efetuar a subtração e a multiplicação, corretamente	Apresentar e justificar a resposta, de forma adequada à situação problemática, identificando que o valor obtido

A avaliação das propostas de resolução dos alunos foi feita com base nesses descritores (Gomes, 2023), (Quadro 2), sendo calculada a mediana por tarefa e, em seguida, a mediana das medianas, resultando no Nível Geral de Conhecimento de cada aluno na fase de pré-intervenção.

Posteriormente, cada tarefa foi também avaliada através de uma classificação percentual, tanto na fase de pré como de pós-intervenção. Os valores obtidos foram somados para gerar uma pontuação final por aluno, posteriormente organizada em classes: $[0;25[$, $[25;50[$, $[50;75[$ e $[75;100]$, permitindo uma análise quantitativa da progressão dos alunos ao longo do estudo (Gomes, 2023).

3.5.1 Análise Estatística

A análise estatística dos dados foi realizada com recurso à estatística descritiva e inferencial, considerando-se a evolução do nível de conhecimento global, do desempenho global dos alunos nas fases de pré e pós-intervenção.

A caracterização das variáveis mencionadas foi efetuada com base nos valores médios (M) e no desvio-padrão (DP). Para o nível de conhecimento global, consideraram-se como indicadores de tendência negativa os níveis 1 e 2, e como tendência positiva os níveis 3 e 4. Relativamente ao desempenho global, os intervalos

[0; 25[e [25; 50[foram classificados como negativos, enquanto os intervalos [50; 75[e [75; 100] foram considerados positivos.

Para comparar os resultados entre as fases de pré e pós-intervenção, foi utilizado o teste t de Student para amostras emparelhadas, após validação do pressuposto de normalidade (Marôco, 2021). O pressuposto da normalidade foi avaliado através do teste de Shapiro-Wilk. Quando a normalidade não foi verificada, recorreu-se à análise da simetria, utilizando o critério de Pestana e Gageiro (2014):

$$\left| \frac{\text{coeficiente de assimetria}}{\text{erro do coeficiente de assimetria}} \right| \leq 1.96$$

O efeito da intervenção foi avaliado através do d de Cohen, sendo os valores interpretados segundo Marôco (2021): efeito pequeno ($d \leq 0.2$), médio ($0.2 < d \leq 0.5$), elevado ($0.5 < d \leq 1$) e muito elevado ($d > 1$).

Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software IBM SPSS Statistics, versão 25 (IBM, EUA), adotando-se um nível de significância de 5% ($p \leq 0.05$). aprendizagens e o aumento do gosto pela disciplina.

4. RESULTADOS

A secção de resultados está organizada em duas partes. A primeira apresenta os dados relativos ao nível de conhecimento dos alunos; a segunda analisa o seu desempenho global.

4.1 Nível de conhecimento

O Quadro 3 apresenta a distribuição de frequências absolutas e relativas (%) do Nível de Conhecimento dos alunos por objetivo de cada tarefa, entre a fase pré-intervenção e a fase pós-intervenção.

A análise do Quadro 3 evidencia uma evolução positiva no nível de conhecimento dos alunos entre a fase de pré-intervenção e a fase de pós-intervenção. A maior diferença percentual registou-se de forma consistente no objetivo 4, em todas as tarefas. Inicialmente, todos os alunos (100%) encontravam-se no nível 1, evidenciando dificuldades na atribuição de significado aos resultados obtidos e na justificação do raciocínio através de esquemas, palavras ou desenhos. No entanto, após a intervenção, observou-se um progresso significativo, com a maioria dos alunos a situar-se nos níveis 3 e 4 (T1: 94,2%; T2: 82,4%; T3: 82,4%; T4: 58,8%), demonstrando maior capacidade de interpretar os resultados no contexto das situações problemáticas propostas.

Relativamente ao objetivo 3, referente à execução das operações aritméticas, também se verificou uma melhoria substancial. Na fase pré-intervenção, os alunos encontravam-se predominantemente nos níveis 1 e 2, indicando dificuldades de cálculo. Contudo, após a intervenção, registou-se um aumento expressivo de alunos nos níveis 3 e 4, especialmente nas tarefas 1, 2 e 3 (T1: 41,2% + 52,9%; T2: 52,9% + 29,4%; T3: 82,4%) (Gomes, 2023).

Quadro 3

Distribuição da frequência absoluta e relativa (%) do Nível de Conhecimento por objetivo de cada tarefa

Tarefa	Objetivo	Pré-intervenção				Pós-intervenção			
		Nível1	Nível2	Nível3	Nível4	Nível1	Nível2	Nível3	Nível4
T1	O1	23.5% (4)	29.4% (5)	47.1% (8)	0.0% (0)	5.9% (1)	0.0% (0)	29.4% (5)	64.7% (11)
T1	O2	35.3% (6)	17.6% (3)	41.2% (7)	5.9% (1)	5.9% (1)	0.0% (0)	11.8% (2)	82.4% (14)
T1	O3	23.5% (4)	23.5% (4)	47.1% (8)	5.9% (1)	5.9% (1)	0.0% (0)	41.2% (7)	52.9% (9)
T1	O4	100% (17)	0.0% (0)	0.0% (0)	0.0% (0)	5.9% (1)	0.0% (0)	47.1% (8)	47.1% (8)
T2	O1	23.5% (4)	41.2% (7)	35.3% (6)	0% (0)	11.8% (2)	5.9% (1)	23.5% (4)	58.8% (10)
T2	O2	35.3% (6)	23.5% (4)	35.3% (6)	5.9% (1)	11.8% (2)	5.9% (1)	23.5% (4)	58.8% (10)
T2	O3	29.4% (5)	35.3% (6)	29.4% (5)	5.9% (1)	11.8% (2)	5.9% (1)	52.9% (9)	29.4% (5)
T2	O4	100% (17)	0.0% (0)	0.0% (0)	0.0% (0)	11.8% (2)	5.9% (1)	47.1% (8)	35.3% (6)
T3	O1	29.4% (5)	47.1% (8)	23.5% (4)	0.0% (0)	0.0% (0)	17.6% (3)	0.0% (0)	82.4% (14)
T3	O2	47.1% (8)	29.4% (5)	11.8% (2)	11.8% (2)	0,0% (0)	17.6% (3)	5.9% (1)	76.5% (13)
T3	O3	29.4% (5)	52.9% (9)	5.9% (1)	11.8% (2)	0% (0)	17.6% (3)	0% (0)	82.4% (14)
T3	O4	100% (17)	0.0% (0)	0.0% (0)	0.0% (0)	0.0% (0)	0.0% (0)	0.0% (0)	82.4% (14)
T4	O1	29.4% (5)	52.9% (9)	17.6% (3)	0.0% (0)	11.8% (2)	35.3% (6)	35.3% (6)	17.6% (3)
T4	O2	47.1% (8)	41.2% (7)	0.0% (0)	11.8% (2)	47.1% (8)	11.8% (2)	29.4% (5)	11.8% (2)
T4	O3	29.4% (5)	47.1% (8)	11.8% (2)	11.8% (2)	47.1% (8)	11.8% (2)	35.3% (6)	5.9% (1)
T4	O4	100% (17)	0.0% (0)	0.0% (0)	0.0% (0)	5.9% (1)	35.3% (6)	41.2% (7)	17.6% (3)

Nota. O1 – Objetivo 1; O2 – Objetivo 2; O3 – Objetivo 3; O4 – Objetivo 4

Em relação aos objetivos 1 e 2, que envolvem a identificação e a apresentação da operação aritmética adequada, também se observou uma melhoria. Na fase pré-intervenção, entre 50% e 70% dos alunos situavam-se nos níveis 1 e 2. Após a intervenção, essa percentagem diminuiu consideravelmente, com um aumento visível nos níveis 3 e 4, situando-se entre 80% e 90% nas tarefas 1, 2 e 3.

Em síntese, os resultados indicam uma evolução positiva e consistente do nível de conhecimento dos alunos nos diferentes objetivos das tarefas, destacando o impacto da intervenção no desenvolvimento das competências em aritmética mental.

O Quadro 4 apresenta a distribuição das frequências absolutas e relativas (%) do Nível de Conhecimento dos alunos por tarefa, bem como o Nível Global de Conhecimento (NGC), nas fases de pré e pós-intervenção. Os dados indicam uma evolução positiva no nível de conhecimento dos alunos após a intervenção.

Quadro 4

Distribuição das frequências absolutas e relativas (%) do Nível de Conhecimento

Tarefas	Pré-intervenção				Pós-intervenção			
	1	2	3	4	1	2	3	4
T1	35.3% (6)	17.6% (3)	47.1% (8)	0.0% (0)	5.9% (1)	0.0% (0)	47.1% (8)	47.1% (8)
T2	41.2% (7)	23.5% (4)	35.3% (6)	0.0% (0)	11.8% (2)	5.9% (1)	47.1% (8)	35.3% (6)

T3	47.1% (8)	35.3% (6)	17.6% (3)	0.0% (0)	17.6% (3)	0,0% (0)	0.0% (0)	82.4% (14)
T4	47.1% (8)	41.2% (7)	11.8% (2)	0.0% (0,0)	11.8% (2)	47.1% (8)	29.4% (5)	11.8% (2)
NGC	52.9% (9)	23.5% (4)	23.5% (4)	0.0% (0)	17.5% (3)	47.1% (8)	35.3% (6)	0.0% (0)

Nota. T1 = Tarefa 1; T2 = Tarefa 2; T3 = Tarefa 3; T4 = Tarefa 4; NGC = Nível Global de Conhecimento

Em todas as tarefas foi registado um progresso, particularmente evidente nas Tarefas 2 e 3. Na Tarefa 2, que envolvia a identificação e resolução de uma única operação aritmética, mais de 50% dos alunos situavam-se nos níveis 1 e 2 na fase pré-intervenção. Após a intervenção, aproximadamente 80% dos alunos passaram a posicionar-se nos níveis 3 e 4. Já na Tarefa 3, que exigia a resolução de múltiplas operações aritméticas, cerca de 80% dos alunos encontravam-se inicialmente nos níveis mais baixos. No entanto, após a intervenção, mais de 80% passaram a alcançar o nível 4, evidenciando um desenvolvimento significativo.

No que se refere ao Nível Global de Conhecimento, também se verifica um aumento expressivo. Na fase pós-intervenção, a maioria dos alunos (14 em 17) encontra-se nos níveis 3 e 4, refletindo uma melhoria geral no desempenho cognitivo.

O Quadro 5 evidencia diferenças estatisticamente significativas no Nível Global de Conhecimento (NGC) dos alunos entre a fase pré-intervenção e a fase pós-intervenção ($t(17) = -9.929$; $p = 0.001$; $d = 3.416$), com uma dimensão de efeito muito elevada, de acordo com Cohen.

Verifica-se um aumento expressivo da média do NGC, que passou de 1.56 na fase pré-intervenção para 3.34 na fase pós-intervenção, refletindo uma evolução significativa no desempenho dos alunos. Inicialmente, os alunos encontravam-se, em média, abaixo do nível 2, enquanto após a intervenção progrediram para valores próximos do nível 4, evidenciando melhorias claras no desenvolvimento da aritmética mental, com base nos critérios definidos para as tarefas aplicadas.

Na fase pré-intervenção, foi possível mapear as principais dificuldades na resolução de tarefas, especialmente na execução e interpretação das operações aritméticas. Já na fase pós-intervenção, observa-se uma melhoria consistente, tanto na execução das operações como na formulação de respostas contextualizadas, demonstrando uma maior compreensão e capacidade de raciocínio matemático.

Quadro 5

Estatística descritiva e comparação pré e pós-intervenção no NGC

	M	DP	T	P	d	Dimensão Efeito
Pré-intervenção	1.56	0.30	-9.929	0.001	3.416	Muito elevada
Pós-intervenção	3.34	0.67				

4.2 Desempenho global

O Quadro 6 apresenta a distribuição das frequências absolutas e relativas (%) do Desempenho Global dos alunos nas fases de pré-intervenção e pós-intervenção, permitindo observar melhorias significativas após a implementação da intervenção.

Quadro 6

Distribuição das frequências absolutas e relativas (%) do Desempenho Global

	Pré-intervenção	Pós-intervenção
[0;25[58.8% (10)	0,0% (0)
[25;50[23.5% (4)	17.6% (3)
[50;75[11.8% (2)	41.2% (7)
[75;100[5.9% (1)	41.2% (7)

Na fase pré-intervenção, apenas três alunos apresentaram um desempenho superior a 50%, enquanto dez alunos obtiveram resultados inferiores a 25%. Estes dados refletem as dificuldades identificadas inicialmente, nomeadamente: a interpretação das situações problemáticas, a identificação e resolução da operação aritmética adequada, a atribuição de significado ao resultado obtido em contexto, bem como a elaboração de uma resposta completa, fundamentada no raciocínio desenvolvido. Tais fragilidades comprometeram o desempenho global, uma vez que correspondiam diretamente aos objetivos definidos para as tarefas.

Após a intervenção, verifica-se uma melhoria significativa no desempenho: a maioria dos alunos (14) obteve um resultado superior a 50%, e nenhum aluno apresentou um desempenho inferior a 25%, ao contrário do que se verificou na fase inicial.

O Quadro 7 reforça esta evolução, apresentando diferenças estatisticamente significativas nos resultados médios das tarefas entre as duas fases. Em todas as tarefas, a média do desempenho foi superior na fase pós-intervenção.

Quadro 7

Estatística descritiva e comparação pré-intervenção e pós-intervenção do Desempenho Global

		M	DP	t	p	d	Dimensão de efeito
T1	Pré-intervenção	7.00	5.50	-8.48	0.001	2.78	muito elevado
	Pós-intervenção	18.31	1.66				
T2	Pré-intervenção	9.71	8.76	-7.50	0.001	2,59	muito elevado
	Pós-intervenção	26.54	2.73				
T3	Pré-intervenção	2.71	2.31	-31.18	0.001	10.50	muito elevado
	Pós-intervenção	19.90	0.16				
T4	Pré-intervenção	4.75	4.22	-2.71	0.015	0.96	elevado
	Pós-intervenção	12.44	10.49				
DG	Pré-intervenção	21.97	12.87	-22.62	0.001	3.98	muito elevado
	Pós-intervenção	74.79	13.66				

Destaca-se a Tarefa 3, onde se verificou um aumento expressivo da média, passando de 2.71 (pré-intervenção) para 19.90 (pós-intervenção), com um resultado altamente significativo ($t(17) = -31.18$; $p = 0.001$; $d = 10.50$), correspondendo a uma dimensão de efeito muito elevada.

Estes resultados indicam que todos os alunos melhoraram o seu desempenho em todas as tarefas, confirmando o impacto positivo da intervenção na promoção das competências de aritmética mental.

5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O presente estudo teve como objetivo analisar de que forma a utilização do jogo sério SAM, da plataforma *HypatiaMat*, contribuiu para o desenvolvimento da aritmética mental dos alunos do 3.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico. Os resultados, de natureza quantitativa e qualitativa, permitem concluir que a integração do jogo promoveu progressos significativos, tanto ao nível do conhecimento como do desempenho dos alunos, em consonância com investigações anteriores (Verdasca et al., 2020; Gomes, 2023).

Na fase de pré-intervenção, foram identificadas dificuldades recorrentes na compreensão e interpretação de situações problemáticas, na resolução de operações aritméticas; sobretudo no algoritmo da multiplicação; e na explicitação do raciocínio matemático. Estas fragilidades alinham-se com estudos que apontam limitações no domínio de conceitos básicos por parte de alunos do Ensino Básico (Rodrigues, 2020).

Os resultados obtidos após a intervenção revelam uma evolução positiva dos alunos. Esta melhoria pode ser atribuída, em grande parte, à integração do jogo SAM, que se revelou um recurso motivador e eficaz no processo de ensino-aprendizagem (Verdasca et al., 2020). Estes dados corroboram investigações que salientam o impacto positivo dos jogos digitais no desenvolvimento da flexibilidade de cálculo e de estratégias cognitivas (Gomes et al., 2023).

A análise qualitativa reforça estes resultados. Os diálogos entre professora estagiária e alunos mostram que a utilização do jogo e a posterior discussão de estratégias estimularam a explicitação do raciocínio matemático e a comunicação oral. Um dos exemplos mais relevantes foi a justificação apresentada por dois alunos:

Aluno I: Eu...eu representei de outra maneira.

Professora Estagiária: Representaste de outra maneira, então explica-me como é que representaste?

Aluno I: Nove mais dois, passa, e nove mais um, já cheguei. Já chega ao número que eu queria.

Professora Estagiária: Muito bem! Mais respostas diferentes? Outros números que tenham utilizado?

Aluno C: Eu.

Professora Estagiária: Diz, Aluno C.

Aluno C: Eh... Porque no dez há um conjunto de nove e um conjunto de um, porque ao nove falta um para chegar a dez... ou porque nove mais um é dez.

Este tipo de interação fomentou a aprendizagem cooperativa e contribuiu para o aprofundamento de estratégias de cálculo, confirmando a importância da partilha de raciocínios para o desenvolvimento da comunicação matemática (Serrazina & Rodrigues, 2020; Andrade et al., 2019).

Outro exemplo significativo foi a correção coletiva de erros no algoritmo da multiplicação:

Professora Estagiária: Como é que nós fazemos o algoritmo? O quatro fica aqui?

Aluno D: Ah, não!

Professora Estagiária: Lembram-se que, quando é por dois algarismos, depois...

Alunos: Tem que trancar!

Professora Estagiária: Exatamente. Quem não o faz, acaba por obter um resultado incorreto.

Este momento ilustra o papel do erro como oportunidade de aprendizagem e reforça o valor da interação coletiva na clarificação de conceitos (Escaroupa, 2022; Pinto et al., 2022).

Também se destacam situações de atribuição de significado ao resultado obtido, essenciais para a compreensão conceitual das operações:

Professora Estagiária: Dois mil oitocentos e oitenta é o quê? Corresponde a quê?

Aluno M: Ao preço.

Professora Estagiária: De quê?

Aluno M: Dos bilhetes dos alunos

A articulação entre cálculo e contexto favoreceu a construção de significados matemáticos, em linha com o Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (Martins et al., 2017) e as orientações internacionais da OCDE (2018), que enfatizam competências de pensamento crítico, raciocínio matemático e aplicação do conhecimento a situações reais.

Em síntese, a integração do jogo SAM proporcionou um ambiente lúdico, motivador e desafiador, que, aliado a momentos de partilha de estratégias, contribuiu para a melhoria significativa da aritmética mental dos alunos. Este resultado está em consonância com investigações que salientam a eficácia dos jogos digitais enquanto artefactos epistémicos capazes de promover uma aprendizagem significativa (Costa et al., 2021).

5. CONCLUSÕES

A investigação teve como principal objetivo responder à seguinte questão de investigação: *Será que o jogo sério SAM, da plataforma HypatiaMat, promove o desenvolvimento da aritmética mental nos alunos do 3.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB)?*

Com base nos dados recolhidos, na análise das tarefas propostas e nos resultados obtidos, conclui-se que a integração do jogo SAM contribuiu significativamente para o desenvolvimento da aritmética mental dos alunos envolvidos. Os resultados demonstram que os alunos evoluíram não apenas na execução de cálculos mentais, mas também na interpretação de situações problemáticas e na construção de respostas matematicamente fundamentadas.

A comparação entre as fases pré e pós-intervenção evidencia melhorias claras na compreensão e identificação das operações aritméticas adequadas a cada problema, na sua resolução e na atribuição de significado ao resultado obtido. A orquestração do artefacto digital, o jogo SAM, revelou-se um recurso eficaz na promoção do raciocínio lógico-matemático e da flexibilidade de cálculo, facilitando o domínio das operações fundamentais.

Além da componente operacional da aritmética mental, a intervenção teve impacto no desenvolvimento da comunicação matemática. Através da análise das Narrações Multimodais (NM), verificou-se que os alunos passaram a explicar com maior clareza e precisão, tanto oralmente quanto por escrito, o raciocínio utilizado na resolução das tarefas, validando a importância de momentos de partilha e discussão ao longo das sessões.

O equilíbrio entre a manipulação do jogo SAM e as sessões de discussão de estratégias mostrou-se essencial para o sucesso da intervenção. A plataforma *HypatiaMat*, pela sua acessibilidade e riqueza de recursos, associada à atuação consciente da professora estagiária – com domínio sobre os conteúdos matemáticos e pedagógicos – constituíram-se como pilares para a eficácia do processo.

Contudo, alguns constrangimentos devem ser assinalados. Por um lado, os efeitos da pandemia de COVID-19, que, à data da implementação do estudo, limitaram o tempo e a organização das sessões; por outro, a insuficiência de recursos tecnológicos disponíveis na escola, que dificultou a plena implementação do cenário de aprendizagem desejado. A limitação a apenas três computadores condicionou a manipulação simultânea do jogo SAM por todos os alunos, comprometendo, em parte, a dinâmica desejada para as sessões práticas.

Com base nas aprendizagens e limitações identificadas neste estudo, fornecem-se algumas sugestões para investigações futuras com objetivos semelhantes. Que cada aluno disponha de um dispositivo digital (computador ou tablet), de modo a garantir uma experiência mais equitativa e contínua no uso de artefactos digitais. Que se integrem um maior número de sessões dedicadas à discussão e partilha de estratégias, com promoção explícita do trabalho em pequenos grupos. Esse formato favorece o desenvolvimento de competências de comunicação matemática, aprendizagem colaborativa e o confronto de diferentes estratégias de resolução.

Em síntese, conclui-se que a utilização intencional e intensiva do jogo SAM revelou-se eficaz no desenvolvimento da aritmética mental, promovendo aprendizagens mais sólidas e significativas. Este estudo contribui, assim, para a comunidade de investigadores em Educação Matemática ao evidenciar empiricamente como a orquestração de artefactos digitais, em especial jogos sérios integrados no ensino, pode promover o desenvolvimento da aritmética mental em alunos do ensino básico. Ao associar dados quantitativos e qualitativos sustentados, confirma-se que os jogos digitais não apenas motivam, mas podem também fomentar raciocínios matemáticos mais sólidos, quando integrados em contextos de aprendizagem colaborativa e reflexiva. Este artigo contribui para a literatura da especialidade ao demonstrar que o impacto positivo do jogo SAM vai além do cálculo automático, estendendo-se à compreensão conceptual e à comunicação matemática dos alunos.

