

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

NATHAN ZAVAM DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GAMIFICAÇÃO PARA INCENTIVO
À RECICLAGEM E EDUCAÇÃO FINANCEIRA INFANTIL: O PROJETO
TAMPINHA MÁGICA**

CORNÉLIO PROCÓPIO

2026

NATHAN ZAVAM DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GAMIFICAÇÃO PARA INCENTIVO
À RECICLAGEM E EDUCAÇÃO FINANCEIRA INFANTIL: O PROJETO
TAMPINHA MÁGICA**

**DEVELOPMENT OF A GAMIFICATION SYSTEM TO ENCOURAGE
RECYCLING AND CHILDREN'S FINANCIAL EDUCATION: THE MAGIC CAPS
PROJECT**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia de
Computação da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Orientador(a): ROBSON PARMEZAN BONIDIA

Coorientador(a): CAMILA DIAS DE OLIVEIRA
SESTITO

CORNÉLIO PROCÓPIO

2026



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

NATHAN ZAVAM DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GAMIFICAÇÃO PARA INCENTIVO
À RECICLAGEM E EDUCAÇÃO FINANCEIRA INFANTIL: O PROJETO
TAMPINHA MÁGICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia de
Computação da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Data de aprovação: dia / mês por extenso / ano

Nome completo e por extenso do Membro 1 (de acordo com o Currículo Lattes)
Titulação (Especialização, Mestrado, Doutorado)
Nome completo e por extenso da instituição a qual possui vínculo

Nome completo e por extenso do Membro 2 (de acordo com o Currículo Lattes)
Titulação (Especialização, Mestrado, Doutorado)
Nome completo e por extenso da instituição a qual possui vínculo

Nome completo e por extenso do Membro 3 (de acordo com o Currículo Lattes)
Título (Titulação (Especialização, Mestrado, Doutorado)
Nome completo e por extenso da instituição a qual possui vínculo

CORNÉLIO PROCÓPIO

2026

Dedico este trabalho à minha família, pelos
momentos que não pude estar com vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela força e discernimento que me guiaram durante toda esta jornada acadêmica.

Aos meus pais, Ademilson Bordon Da Silva e Adriana Zavam Da Silva, vocês são meu alicerce e meus exemplos de honra e honestidade. Obrigado por cada sacrifício, por todo o incentivo e por nunca me deixarem esquecer o valor da educação.

Ao meu orientador, Professor Robson Parmezan Bonidia, e à minha coorientadora, Professora Camila Dias de Oliveira Sestito, agradeço profundamente pela paciência, pela disponibilidade e pela orientação segura.

Aos meus amigos, companheiros de estudo e de vida, obrigado por cada conversa, cada café e por tornarem os dias mais leves.

E por fim, à minha namorada, Maria Julia Leandro Leal Da Rocha, obrigado por entender minhas ausências e por vibrar com cada pequena conquista.

"Em tempos antigos ter poder significava ter acesso a dados. Atualmente ter poder significa saber o que ignorar."(HARARI, Yuval Noah. Homo Deus: uma breve história do amanhã. Tradução Paulo Geiger. São Paulo: Companhia das Letras, 2016).

USO DE IA GENERATIVA

Este trabalho foi produzido com o apoio de ferramentas de inteligência artificial, como o Claude, utilizadas como recurso auxiliar tanto na elaboração do texto quanto no desenvolvimento do sistema web que constitui o foco do projeto. Na parte textual, esse apoio limitou-se à discussão e organização de ideias, à revisão e correção do texto. No desenvolvimento do sistema, a ferramenta foi empregada como assistente de programação, apoiando tarefas como a sugestão e a revisão de trechos de código, a depuração de erros e o esclarecimento de dúvidas técnicas, sempre sob a concepção, a direção e a validação do autor, responsável por definir a arquitetura, tomar as decisões de projeto e testar e aprovar o que foi efetivamente incorporado. Dessa forma, a inteligência artificial atuou como ferramenta de apoio em ambas as frentes, sem substituir o trabalho autoral.

RESUMO

A formação de cidadãos conscientes enfrenta lacunas significativas no Brasil, especialmente nas áreas financeira e ambiental, em que a alta taxa de endividamento adulto e a baixa conscientização sobre reciclagem desde a infância evidenciam a insuficiência dos métodos tradicionais de ensino. Nesse contexto, a Gamificação destaca-se como estratégia capaz de engajar o público infantojuvenil e estimular mudanças de comportamento. Este trabalho tem como objetivo refatorar e expandir o sistema Tampinha Mágica transformando-o em uma plataforma Web, gamificada e de dupla finalidade pedagógica: ambiental e financeira. O sistema converte a coleta de tampas plásticas em créditos atribuídos aos alunos, conectando uma ação sustentável concreta ao aprendizado prático de noções como ganho e poupança. A metodologia compreendeu a modelagem dos requisitos, o desenvolvimento de uma arquitetura com quatro perfis de usuário (super-administração, escola, professor e responsável) e isolamento de dados entre instituições, a implementação de uma interface responsiva e a avaliação de usabilidade do sistema. Como resultado, obteve-se uma plataforma funcional e pronta para operação, que incorpora identificação de alunos por QR Code, emissão de cartões, acompanhamento pelos responsáveis e defesas de segurança alinhadas às boas práticas da área. A avaliação de usabilidade, conduzida com o *System Usability Scale* (SUS) junto a profissionais da educação, resultou em uma nota média de 81,4, classificada como excelente. Conclui-se que a refatoração entregou uma solução tecnológica viável e de relevância pedagógica, capaz de conectar sustentabilidade e educação financeira em um único ciclo prático.

Palavras-chave: ; ; ; ; .

ABSTRACT

The development of conscientious citizens faces significant gaps in Brazil, particularly in the financial and environmental domains, where the high rate of adult indebtedness and the low awareness of recycling from an early age reveal the insufficiency of traditional teaching methods. In this context, gamification stands out as a strategy capable of engaging children and adolescents and fostering behavioral change. This work aimed to refactor and expand the Tampinhas Mágicas (Magic Caps) system turning it into a gamified Web platform with a dual pedagogical purpose: environmental and financial. The system converts the collection of plastic bottle caps into credits assigned to students, linking a concrete sustainable action to the practical learning of concepts such as earning and saving. The methodology comprised requirements modeling, the development of an architecture with four user profiles (super-administrator, school, teacher, and guardian) and data isolation between institutions, the implementation of a responsive interface, and a usability evaluation of the system. As a result, a functional, production-ready platform was obtained, featuring QR Code-based student identification, ID card generation, monitoring by guardians, and security measures aligned with the field's best practices. The usability evaluation, conducted with the System Usability Scale (SUS) among education professionals, yielded an average score of 81.4, rated as excellent. It is concluded that the refactoring delivered a viable technological solution of pedagogical relevance, able to connect sustainability and financial education within a single practical cycle.

Keywords: gamification; financial education; environmental education; recycling; web development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arquitetura em camadas do sistema “Tampinha Mágica”	23
Figura 2 – Entidades e relacionamentos do sistema “Tampinha Mágica”	24
Figura 3 – Página inicial pública	38
Figura 4 – Tela de <i>login</i>	39
Figura 5 – Recuperação de senha	39
Figura 6 – Escolha do tipo de cadastro	39
Figura 7 – Cadastro de escola	40
Figura 8 – Cadastro de responsável	40
Figura 9 – <i>Dashboard</i> global da super-administração	41
Figura 10 – Gestão de escolas	41
Figura 11 – Gestão de usuários (cross-school)	41
Figura 12 – Gestão de Alunos	42
Figura 13 – <i>Dashboard</i> da escola	42
Figura 14 – Gestão de professores	43
Figura 15 – Cadastro de alunos em lote via CSV	43
Figura 16 – Aprovação de vínculos pai–aluno	43
Figura 17 – <i>Dashboard</i> do professor	44
Figura 18 – Identificação do aluno por leitura de QR Code	44
Figura 19 – Adição de créditos	45
Figura 20 – Remoção de créditos com justificativa	45
Figura 21 – Consulta de saldo	45
Figura 22 – Histórico de transações de um aluno	46
Figura 23 – Seleção de cartões para impressão	46
Figura 24 – Cartões gerados em PDF	46
Figura 25 – Vínculo — passo 1: localização da escola	47
Figura 26 – Vínculo — passo 2: busca do aluno	47
Figura 27 – Vínculo — passo 3: confirmação	48
Figura 28 – Painel do responsável	48
Figura 29 – Comparação entre os temas claro e escuro (no celular)	49
Figura 30 – Adaptação da interface a dispositivos móveis	49
Figura 31 – Tour de apresentação na primeira utilização	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre os trabalhos relacionados e o sistema Tampinha Mágica.....	19
Tabela 2 – Tecnologias adotadas no desenvolvimento do sistema “Tampinha Mágica”	21
Tabela 3 – Requisitos Funcionais (RF).....	27
Tabela 4 – Regras de Negócio (RN).....	28
Tabela 5 – Requisitos Não Funcionais (RNF)	28
Tabela 6 – Limites de requisições por <i>endpoint</i>	33
Tabela 7 – Paleta de cores da identidade visual	34
Tabela 8 – Itens do questionário SUS aplicados na avaliação	36
Tabela 9 – Resultados do questionário SUS por item.....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos	13
1.2	Estrutura do trabalho	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Gamificação na Educação	15
2.2	Educação Ambiental	16
2.3	Educação financeira	17
2.4	Trabalhos Relacionados	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1	Tecnologias e ferramentas	21
3.2	Arquitetura do sistema	23
3.3	Modelos de dados	24
3.4	Autenticação e multi-tenancy	25
3.5	Funcionalidades implementadas	26
3.5.1	Síntese dos requisitos	27
3.5.2	Superadministração	29
3.5.3	Escola	30
3.5.4	Professor	31
3.5.5	Responsável	31
3.6	Segurança	32
3.6.1	Senhas e credenciais	32
3.6.2	Limitação de taxa de requisições	32
3.6.3	Proteção contra CSRF	33
3.6.4	Cabeçalhos HTTP de segurança	33
3.6.5	Validação de entradas	33
3.6.6	Upload e servimento de arquivos	33
3.6.7	Mecanismo anti-bot	34
3.7	Identidade visual e experiência do usuário	34
3.7.1	Identidade visual	34
3.7.2	Tema claro e escuro	35
3.7.3	Responsividade	35
3.8	Pesquisa de campo	35
4	RESULTADOS	38
4.1	Apresentação do sistema	38
4.1.1	Acesso e cadastro	38
4.1.2	Superadministração	40
4.1.3	Escola	42
4.1.4	Professor	44
4.1.5	Responsável	47
4.1.6	Tema e responsividade	48
4.2	Avaliação de usabilidade	50
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

A formação básica de cidadãos conscientes apresenta lacunas significativas no Brasil, especialmente nas áreas financeira e ambiental (Galvão *et al.*, 2024; Branco; Royer; Branco, 2018). No Brasil, o cenário financeiro é preocupante, com um número elevado de famílias em situação de endividamento (Barreto, 2026). Esse quadro evidencia uma lacuna na formação básica dos indivíduos, indicando que a ausência de uma EF(educação financeira) consolidada desde a infância contribui para a perpetuação de dificuldades econômicas na vida adulta (Schio; Andreis, 2025). Para mitigar essa defasagem, estudos demonstram que aulas específicas sobre o tema no ambiente escolar mostram-se mais efetivas para o aprendizado, reforçando a importância de incorporar a EF de forma estruturada ao currículo (Reisdorfer *et al.*, 2024).

No âmbito ambiental, a conscientização entre crianças e jovens apresenta-se como um desafio igualmente significativo (Bilio; Grecco; Martins, 2023). Frequentemente, alunos demonstram baixas expectativas em relação ao cuidado com o ambiente escolar, transferindo a terceiros a responsabilidade pela limpeza e conservação (Mahsun *et al.*, 2025), o que evidencia não apenas uma questão de higiene do espaço, mas a ausência de um comprometimento mais amplo com a sustentabilidade e com a sociedade no todo, algo que uma EA(educação ambiental) tratada de forma pontual e isolada do currículo dificilmente consegue desenvolver (Marchesini *et al.*, 2025). Essa lacuna é especialmente preocupante, porque a primeira infância (0 a 6 anos) é considerada a etapa mais importante para o desenvolvimento humano por estabelecer as bases para a formação da personalidade, como comportamentos ambientalmente responsáveis e práticas de reciclagem, que vão ser moldadas de acordo com o que a criança absorver nesse período (Mustafaoğlu; Alkan, 2025; Tomazzetti; Costa, 2023).

Como alternativa para o engajamento nessas áreas, a aprendizagem baseada em jogos digitais extrapola a simples aquisição de conhecimento e mostra-se capaz de gerar ganhos significativos também nas atitudes dos alunos em relação ao meio ambiente (Tsai; Chuang; Lin, 2025; Pino-perdomo; Velásquez-mosquera, 2026). De forma análoga, no campo da EF, a eficácia de métodos interativos já foi comprovada: o uso de jogos de tabuleiro, por exemplo, demonstrou um aumento significativo na literacia financeira de estudantes, impactando positivamente seu conhecimento, comportamento e atitude em relação às finanças (Silva; Becker; Vieira, 2025; Schneider; Bacchi; Maldonado, 2026).

Além disso, a limitação dos métodos convencionais em promover mudanças comportamentais evidencia a necessidade de abordagens pedagógicas mais dinâmicas (Nyland *et al.*, 2024). A Gamificação apresenta-se como uma estratégia promissora para essa finalidade, pois aplica mecânicas de jogos para engajar usuários e estimular comportamentos específicos em contextos do mundo real (Sipone *et al.*, 2025). Intervenções como jogos e plataformas Web podem, inclusive, ajudar a mitigar diferenças de aprendizado preexistentes entre alunos de escolas públicas e privadas (Rodriguez-raga; Martinez-camelo, 2022).

Para interligar essas duas frentes educacionais, este trabalho propõe o desenvolvimento da plataforma Web gamificada baseada no projeto Tampinha Mágica¹, que conecta os pilares ambiental e financeiro em uma única solução tecnológica. O sistema opera por meio de um ciclo prático: as crianças são incentivadas a levar tampas plásticas recicláveis para a escola, onde um professor registra a entrega e converte o material em créditos virtuais associados ao aluno. Com esse saldo, os alunos podem reivindicar itens de seu interesse em uma loja de recompensas gerenciada pela escola, fechando o ciclo entre coleta, registro e recompensa. Essa dinâmica transforma um resíduo plástico em uma moeda simbólica para o aprendizado prático sobre finanças, oferecendo uma ferramenta de apoio pedagógico com potencial para auxiliar na formação de hábitos positivos desde a infância.

O projeto já existe como um sistema básico, com uso em algumas escolas, mas contava com uma interface simples, sem um design intuitivo para os usuários e com poucas funcionalidades. Este trabalho parte dessa base e propõe sua refatoração completa, permitindo que o programa, ao melhorar sua estrutura, alcance uma maior quantidade de escolas e, principalmente, de crianças engajadas.

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é refatorar e expandir o sistema Tampinha Mágica, já utilizado por escolas, porém limitado a processos manuais, transformando-o em uma plataforma Web interativa e gamificada, aplicável à educação básica como ferramenta pedagógica. O projeto atua sobre dois eixos de formação cidadã: a sustentabilidade ambiental e a literacia financeira. No eixo ambiental, o projeto visa fomentar a consciência ecológica e incentivar o comportamento pró-ambiental da reciclagem, atribuindo valor a um resíduo comum, a tampa plástica, e transformando-o em um recurso digital. No eixo financeiro, buscou-se introduzir, de forma prática e lúdica, conceitos fundamentais como ganho, poupança e tomada de decisão de gasto, permitindo que a criança vivencie um ciclo econômico completo em um ambiente controlado. Consequentemente, os objetivos específicos são:

1. Modelar os requisitos funcionais, não funcionais e as regras de negócio do sistema, contemplando a conversão de tampas plásticas recicláveis em créditos e a gestão do saldo dos alunos.
2. Implementar uma arquitetura com perfis distintos de usuário — superadministrador, escola, professor e responsável —, permitindo o gerenciamento do sistema e o acompanhamento do progresso individual de cada aluno.
3. Desenvolver uma interface de usuário responsiva, com elementos lúdicos e navegação intuitiva, adequada aos diferentes perfis de público.

¹ <https://inteligentehub.com.br/tmagica.html>

4. Avaliar a usabilidade da plataforma por meio de uma pesquisa de campo com profissionais da educação.

1.2 Estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. O segundo capítulo, **Referencial Teórico**, reúne os fundamentos que embasam a proposta, a Gamificação na educação, a EA e a EF, encerrando com a análise dos trabalhos relacionados e o posicionamento do sistema diante deles. O terceiro capítulo, **Materiais e Métodos**, detalha o desenvolvimento do sistema: as tecnologias e ferramentas empregadas, a arquitetura, os modelos de dados, os mecanismos de autenticação e de isolamento entre escolas, as funcionalidades implementadas para cada perfil de usuário, as defesas de segurança, a identidade visual e o método adotado na avaliação de usabilidade. O quarto capítulo, **Resultados**, apresenta o sistema em funcionamento por meio de suas telas e discute os resultados obtidos na avaliação de usabilidade. Por fim, o quinto capítulo, **Considerações Finais**, retoma o trabalho realizado, aponta suas limitações e indica possibilidades de trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta as bases teóricas que fundamentam o presente trabalho. Para tal, aprofundam-se os conceitos centrais que compõem o projeto. A primeira seção é dedicada à Gamificação na educação, explorando sua definição, elementos e impacto psicológico no aprendizado. As seções subsequentes abordam a EA e a EF infantil, estabelecendo a relevância e as melhores práticas para cada um desses pilares. Por fim, é apresentada uma análise de trabalhos relacionados que dialogam com a solução desenvolvida.

2.1 Gamificação na Educação

No contexto educacional, a Gamificação consiste na adaptação de mecânicas de jogos, como sistemas de pontos, medalhas (badges) e placares de líderes (leaderboards), a ambientes de aprendizagem, visando promover comportamentos específicos e engajar os participantes (Dar; Nandi; Rather, 2026). Essa metodologia não se restringe ao formato digital, abrangendo também jogos de tabuleiro, cartas e atividades físicas (Kapp, 2012). O principal objetivo dessa abordagem é aprimorar a aprendizagem, aumentando a motivação dos alunos para participar ativamente das aulas e revisar o material didático (Tolomei, 2017).

Como alternativa aos métodos de ensino tradicionais, que frequentemente se baseiam na memorização mecânica e podem levar ao desengajamento, o ensino gamificado busca criar um ambiente imersivo e interativo, apoiando a aquisição de conhecimento por meio da aprendizagem experiencial (Syawaluddin; Aeni, 2025). Para que um ambiente seja considerado gamificado, ele incorpora, em geral, um conjunto de elementos de design de jogos. Entre os mais comuns, destacam-se:

- Pontos, níveis e medalhas: aumentam significativamente o engajamento e a motivação do usuário, tornando tarefas repetitivas mais agradáveis e eficazes (Syawaluddin; Aeni, 2025; Deterding *et al.*, 2011).
- Missões e conquistas: ao estruturar o conteúdo em forma de missões, cria-se um senso de propósito e progressão; as conquistas, por sua vez, funcionam como reconhecimento pelo esforço e pela superação de desafios (Gee, 2003).
- Placares de líderes: a introdução de um placar promove competição saudável e incentiva a colaboração entre os alunos (Pickal *et al.*, 2026).
- Narrativas e simulações interativas: envolver o conteúdo em uma narrativa ou permitir que os alunos participem de simulações coloca-os no papel de figuras ativas, fomentando um entendimento mais profundo dos conceitos abordados (Simão; Jardim, 2024; Bidarra, 2020).

A eficácia da Gamificação está diretamente ligada à sua capacidade de influenciar positivamente a psicologia do aprendiz, apresentando relação significativa com a motivação e o en-

gajamento dos alunos, impactando diretamente no seu desempenho e na vontade de aprender (Jaramillo-mediavilla *et al.*, 2024). Ambientes de aprendizagem baseados em jogos são capazes de manter os alunos motivados, estimular seu interesse e promover a aprendizagem autônoma. A natureza interativa dos jogos incentiva a participação ativa, o que aumenta a retenção do conteúdo e melhora a proficiência geral. Além disso, os jogos podem reduzir a ansiedade, tornando o processo de aprendizagem menos estressante e mais agradável (Silva; Carvalho; Andrade, 2022; Rosa; Serra, 2021). A implementação de elementos gamificados promove o pensamento crítico, as habilidades de resolução de problemas e o trabalho em equipe; ao engajar os alunos em nível social, emocional e reflexivo, pode inclusive alterar a maneira como eles se veem como aprendizes (Soares *et al.*, 2024).

A aplicação da Gamificação em sala de aula pode ocorrer com ou sem o uso de recursos computacionais, desde jogos de tabuleiro tradicionais até plataformas digitais complexas (Novaes; Freitas, 2025; Bezerra *et al.*, 2026). Um exemplo de aplicação digital é a plataforma “ClassCraft”, uma aplicação Web que permite aos professores conduzirem um jogo de RPG (*Role-Playing Game*) no qual os alunos assumem diferentes personagens, cuja evolução está ligada às suas habilidades acadêmicas e à colaboração em sala de aula (Sipone *et al.*, 2025).

No entanto, uma implementação bem-sucedida requer planejamento cuidadoso e alinhamento claro com o currículo (Schimmelpfeng, 2025). Um ponto de atenção é que, muitas vezes, esses projetos são liderados por designers de jogos em vez de educadores, o que pode levar a um entendimento superficial do conteúdo abordado, caso o foco excessivo recaia sobre a competitividade em detrimento da precisão pedagógica (Shen *et al.*, 2025).

2.2 Educação Ambiental

A EA tem como propósito transformar atitudes e comportamentos humanos em prol da manutenção do meio ambiente e da qualidade de vida presente e futura (Husin *et al.*, 2025), atuando como resposta a desafios globais como mudanças climáticas, poluição e degradação de ecossistemas. Sendo um dos principais motores do desenvolvimento sustentável, a EA oferece a oportunidade de moldar valores e desenvolver habilidades técnicas que influenciam o comportamento social. O foco dessa área é promover a “consciência de sustentabilidade”, um construto que engloba conhecimentos, atitudes e práticas (Ásványi; Gedeon, 2025). Contudo, para ser de fato eficaz, a EA precisa ultrapassar a simples ampliação teórica e incentivar os participantes a aplicarem essas mudanças de forma natural em seu cotidiano (Husin *et al.*, 2025).

As escolas representam uma fonte fundamental de educação, encarregadas de transmitir conhecimentos, valores, hábitos e habilidades relacionados ao meio ambiente, sendo identificadas pelos próprios alunos como a principal fonte de informação sobre problemas ambientais (Buthlezi; Tshibalo; Tshimbana, 2025; Husin *et al.*, 2025). Escolas com consciência ambiental caracterizam-se por um ambiente limpo e verde, por possuírem uma visão e missão ambiental, por integrarem a EA às disciplinas e por manterem programas e atividades extracurriculares

voltadas para o tema. Contudo, a implementação da EA ainda enfrenta desafios, como a falta de recursos e a carência de formação docente (Husin *et al.*, 2025).

Para que a teoria se converta em prática, a EA precisa ir além do conhecimento e engajar os alunos em ações tangíveis. A gestão de resíduos, por exemplo, é um tema central: programas escolares que praticam a segregação de resíduos na fonte por meio do conceito 3R (reutilizar, reduzir e reciclar) mostram-se eficazes (Buthelezi; Tshibalo; Tshimbana, 2025). Além disso, a exposição direta ao ambiente natural demonstrou melhorar a atenção e o comportamento dos alunos, e a introdução de Soluções Baseadas na Natureza em ambientes internos oferece uma oportunidade singular para isso.

Um exemplo prático é a instalação de paredes verdes, também conhecidas como paredes vivas ou superfícies vegetais verticais, estruturas fixadas em paredes para suportar o crescimento de plantas. Esse tipo de intervenção transforma a própria infraestrutura escolar em uma ferramenta educacional imersiva e dinâmica, promovendo a “*ecoliteracy*” (alfabetização ecológica) e a consciência ambiental entre jovens estudantes, além de oferecer oportunidades de aprendizado prático sobre biologia, ecologia e sustentabilidade urbana (Comino *et al.*, 2025; Mccullough; Martin; Sajady, 2018).

O impacto desses elementos naturais é amplificado quando os alunos interagem diretamente com eles, por exemplo, por meio de sua incorporação ao currículo. Programas educacionais que utilizam uma parede verde como ferramenta de ensino não servem apenas para ensinar fisiologia vegetal, mas também para praticar habilidades de memória, vocabulário, leitura, escrita e desenho.

O envolvimento dos alunos no cuidado e na manutenção de projetos ambientais também promove a coesão social e o comportamento pró-ambiental (Comino *et al.*, 2025). De forma análoga, a participação em clubes ambientais ou em atividades extracurriculares focadas em sustentabilidade eleva o nível de consciência ambiental dos estudantes (Martins *et al.*, 2025). Assim, o objetivo da EA é que os alunos apliquem e sustentem seus conhecimentos, valores e habilidades ambientais em suas vidas diárias, levando os hábitos positivos da escola para suas casas e para a comunidade (Husin *et al.*, 2025).

2.3 Educação financeira

O letramento (ou literacia) financeiro consiste na capacidade de obter informações e desenvolver habilidades úteis para a gestão inteligente do próprio dinheiro e para a tomada de decisões responsáveis (Shan; Cheah; Leong, 2023). Mais do que o simples conhecimento de conceitos teóricos sobre poupança, empréstimos e orçamento, essa competência busca proporcionar estabilidade e bem-estar geral, desenvolvendo nos indivíduos a confiança prática para utilizar instrumentos financeiros (Kicova *et al.*, 2025).

Dessa forma, pessoas com maior nível de letramento tornam-se mais propensas a construir fundos de emergência, realizar escolhas de crédito informadas e planejar orçamentos que

garantam a sua segurança financeira a longo prazo (Jalili *et al.*, 2025). A importância da EF é ainda mais evidente diante dos desafios econômicos atuais.

O aumento do custo de vida e a inflação dificultam o alcance de metas de longo prazo pelos jovens, e a falta de compreensão financeira pode levar a consequências como endividamento excessivo e más decisões de consumo (Shan; Cheah; Leong, 2023). Estudos mostram que muitos jovens, como os da Geração Z, possuem baixo nível de literacia financeira e acumulam dívidas em ritmo alarmante, o que pode gerar estresse financeiro, ansiedade e impactar negativamente seu bem-estar psicológico e até o desempenho acadêmico (Kicova *et al.*, 2025). A resiliência financeira depende de quatro componentes principais: recursos econômicos, conhecimento e comportamento financeiro, capital social e acesso a serviços financeiros (Jalili *et al.*, 2025).

Sendo assim, a EF não deve ser apenas teórica; precisa ser prática, focada em competências, ensinando os alunos a elaborar orçamentos pessoais, avaliar produtos financeiros e planejar para evitar riscos (Kicova *et al.*, 2025). A integração da EF em diversas matérias, como matemática ou economia, pode oferecer uma perspectiva mais completa e garantir uma exposição consistente aos conceitos financeiros. Além do ensino formal, a aprendizagem também ocorre por meio da experiência pessoal e da prática, como observar os hábitos de consumo dos pais e aplicar conceitos aprendidos no cotidiano (Shan; Cheah; Leong, 2023). Portanto, introduzir esses conceitos na infância, de forma lúdica e contextualizada, é fundamental para construir uma base sólida que permita às crianças tornarem-se adultos financeiramente responsáveis e resilientes.

2.4 Trabalhos Relacionados

Esta seção analisa trabalhos que se aproximam do escopo deste trabalho, investigando estudos que aplicam a Gamificação para fins de educação ambiental e financeira no público infantojuvenil. A busca priorizou artigos que combinassem ao menos dois dos pilares centrais do projeto: Gamificação, EA (com foco em reciclagem), EF e o ambiente escolar. Foram selecionados cinco estudos: dois focados na intersecção entre Gamificação e meio ambiente, dois na relação entre Gamificação e EF e um que aborda a EF em um contexto de gestão de resíduos. A análise a seguir detalha cada um desses trabalhos, contrastando suas abordagens e resultados com o sistema Tampinha Mágica a fim de evidenciar a lacuna que este trabalho se propõe a preencher.

A tabela 1 sintetiza essa comparação, confrontando os cinco trabalhos selecionados com o sistema Tampinha Mágica segundo seis critérios: o emprego de Gamificação; a presença da EA e da EF como objetivos pedagógicos; a materialização como plataforma digital, em oposição a mídias físicas; o direcionamento ao público infantojuvenil em contexto escolar; e a existência de uma conexão mecânica entre reciclagem e finanças. Esse último critério distingue os casos em que a ação de reciclar integra funcionalmente a dinâmica de gerar de forma direta o recurso utilizado no aprendizado financeiro.

Tabela 1 – Comparação entre os trabalhos relacionados e o sistema Tampinha Mágica

Trabalho	Gamificação	Educação ambiental	Educação financeira	Plataforma digital	Público infantojuvenil	Conexão mecânica
Aragón e Brenes-Cuevas (2025)	✓	✓	X	X	✓	X
Netto <i>et al.</i> (2025)	✓	✓	X	X	✓	X
Estima e Peguinho (2024)	✓	X	✓	X	✓	X
Alamin <i>et al.</i> (2025)	✓	X	✓	✓	✓	X
Brito <i>et al.</i> (2021)	✓	X	✓	✓	✓	X
Tampinha Mágica (este trabalho)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Do Autor.

O artigo de Aragón e Brenes-Cuevas (2025), explora como a Gamificação pode ser utilizada na EA. Os autores desenvolveram uma atividade de *escape box* para alunos do 7º ano, focada no problema da poluição marinha por plásticos. A intervenção demonstrou ser altamente eficaz, gerando grande engajamento e auxiliando os alunos a compreender a complexa relação entre poluição, ecossistemas e saúde humana. Esse trabalho assemelha-se ao presente ao utilizar uma metodologia lúdica e interativa para conscientizar sobre a poluição plástica. Contudo, sua abordagem é pontual e seu escopo é estritamente ambiental, não contemplando o componente de EF.

Na mesma linha, o estudo de Netto *et al.* (2025) relata a experiência de uma década de projetos de extensão universitária no Brasil que aplicaram princípios de EA a alunos do ensino básico. As atividades incluíam aulas teóricas, saídas de campo e, notavelmente, o uso de Gamificação para ampliar a conscientização sobre ecossistemas costeiros e os impactos humanos. O estudo reforça a eficácia da Gamificação em contextos educacionais brasileiros voltados a temas ambientais. A principal diferença em relação ao sistema Tampinha Mágica está em seu foco ecológico específico e na ausência de integração com a literacia financeira, um dos pilares centrais deste trabalho.

Voltando-se ao eixo financeiro, o artigo de Estima e Peguinho (2024), apresenta o desenvolvimento de um jogo de tabuleiro — o *ISCA Family Game* — para ensinar conceitos de finanças e consumo responsável a jovens entre 12 e 18 anos. A iniciativa simula a gestão de um orçamento familiar, incluindo receitas, despesas fixas e variáveis, e imprevistos. O trabalho alinha-se a este ao reconhecer a gamificação como uma ferramenta potente para a EF juvenil. No entanto, concentra-se exclusivamente no pilar financeiro e utiliza uma mídia física, enquanto o sistema Tampinha Mágica avança ao constituir uma plataforma digital e, sobretudo, ao integrar o tema da sustentabilidade.

De forma complementar, o trabalho de Alamin *et al.* (2025) concentra-se no desenvolvimento tecnológico de um jogo para EF. A pesquisa propõe um modelo de aprendizagem adaptativa que personaliza a experiência do jogo conforme o perfil do estudante, testando um protó-

tipo com alunos do ensino secundário na Indonésia. O estudo é relevante por validar que jogos educacionais adaptativos podem aumentar significativamente a motivação e a retenção de conceitos financeiros. Embora compartilhe a abordagem de desenvolver um protótipo digital, sua inovação reside na adaptabilidade do sistema e, assim como o trabalho anterior, não estabelece conexão com o pilar da EA.

Por fim, o estudo que mais se aproxima deste trabalho é o de Brito *et al.* (2021), que descreve o design de um protótipo de aplicativo gamificado para o melhor aprendizado sobre finanças dos filhos de catadores de resíduos. Sua relevância é expressiva, pois conecta o desenvolvimento de uma aplicação gamificada, a EF e o contexto da gestão de resíduos, respondendo a uma necessidade social clara e utilizando a tecnologia como ponte, ainda que a conexão com a reciclagem seja contextual e não mecânica.

Em síntese, a literatura revisada valida a eficácia da Gamificação como ferramenta pedagógica tanto para a educação ambiental quanto para a financeira, ainda que de forma isolada. Os trabalhos analisados confirmam que abordagens lúdicas ampliam o engajamento, a motivação e a compreensão de temas complexos. Nesse contexto, o sistema Tampinha Mágica diferencia-se pela forma como integra seus pilares.

O diferencial está na conexão: o ato sustentável de coletar tampas plásticas gera os créditos que movimentam a economia do sistema, e esses créditos são, então, empregados no aprendizado prático de finanças. Entre as pesquisas relacionadas, não se identificou essa ligação direta, na qual uma ação ecológica se converte em recurso para o aprendizado financeiro. Dessa forma, a contribuição deste trabalho consiste em propor um ecossistema gamificado em que sustentabilidade e finanças são interdependentes e não apenas temas paralelos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta os materiais e métodos empregados no desenvolvimento do sistema “Tampinha Mágica”. A primeira seção descreve a *stack* tecnológica adotada e as ferramentas utilizadas em cada camada da aplicação. Em seguida, são detalhadas a arquitetura geral, os modelos de dados que sustentam a operação, os mecanismos de autenticação e de isolamento entre escolas, as funcionalidades implementadas para cada perfil de usuário, as defesas de segurança aplicadas e os elementos de identidade visual e experiência do usuário. A última seção apresenta o método adotado na pesquisa de campo conduzida com profissionais da educação para validar o sistema.

3.1 Tecnologias e ferramentas

A arquitetura do projeto “Tampinha Mágica” exigiu uma pilha tecnológica capaz de operar de forma unificada em uma máquina virtual dedicada, priorizando o isolamento de dados para a operação sem a dependência de múltiplos serviços de nuvem. Para atender a essa restrição operacional e facilitar a manutenção, a aplicação foi desenvolvida integralmente no ecossistema *TypeScript*, integrando *front-end*, *back-end* e persistência de dados em um único projeto. A Tabela 2 sintetiza as ferramentas selecionadas para cada camada.

Tabela 2 – Tecnologias adotadas no desenvolvimento do sistema “Tampinha Mágica”

Camada	Tecnologia / Versão	Finalidade
<i>Framework full-stack</i>	Next.js 16	Roteamento, SSR e <i>API Routes</i>
Linguagem	TypeScript 5	Tipagem estática em todo o código
Interface	Ant Design 6	Componentes de UI e tema
Tipografia	Inter (via <i>next/font</i>)	Fonte <i>self-hosted</i>
Banco de dados	MongoDB Community 7	Persistência <i>NoSQL</i>
Modelagem de dados	Mongoose 9	Modelagem e validação de dados
Autenticação	NextAuth.js 4	Sessão JWT por perfil
Hash de senhas	bcryptjs	Proteção de credenciais
E-mail transacional	Nodemailer 8	Envio de avisos via SMTP
QR Code (geração)	qrcode	Imagem dos cartões dos alunos
QR Code (leitura)	@zxing/library 0.21	Leitura via câmera do dispositivo
Geração de PDF	jsPDF + html2canvas	Cartões para impressão
Gráficos	@ant-design/charts 2.6	<i>Dashboards</i> de métricas
<i>Onboarding</i>	driver.js 1.4	<i>Tour</i> guiado por perfil

Fonte: Do Autor.

A base da aplicação utiliza o *framework* Next.js 16, que viabiliza a unificação do *back-end* (rotas de API) e do *front-end* em um mesmo repositório, simplificando os processos de implantação (Vercel, Inc., 2026). O desenvolvimento de toda a base de código em *TypeScript* garante a tipagem estática e a segurança na comunicação entre essas camadas (Microsoft Corporation, 2026). Em vez de construir elementos visuais do zero, a utilização dos componentes React pré-estilizados do Ant Design permitiu padronizar a identidade visual do sistema e acelerar a implementação das telas de gestão e dos formulários operacionais.

Para a construção da interface gráfica, foi adotado o *Ant Design 6*, uma biblioteca de componentes React amplamente utilizada em aplicações corporativas. O Ant Design oferece um conjunto extenso de componentes prontos — formulários, tabelas, modais, gráficos, entre outros — parametrizáveis via *tokens* de tema, o que permite alterar a paleta visual do sistema em um único ponto e propagar as mudanças para toda a aplicação (Ant Design Team, 2026). A tipografia adotada é a Inter, carregada via `next/font` com *self-hosting* automático, dispensando requisições externas em tempo de execução e contribuindo para a privacidade dos usuários.

A persistência dos dados é feita com *MongoDB Community 7*, banco de dados *NoSQL* orientado a documentos, instalado localmente na máquina ou na máquina virtual de produção, sem dependência de serviços gerenciados de nuvem. O MongoDB armazena dados em formato *BSON* (similar a *JSON*) e oferece flexibilidade de esquema, escalabilidade horizontal e bom desempenho em operações de leitura e escrita (Bradshaw; Brazil; Chodorow, 2019). A camada de aplicação acessa o banco por meio do Mongoose 9, *Object Data Modeling* (ODM) para Node.js que define esquemas tipados, regras de validação e relacionamentos entre coleções. O sistema opera em modo *replica set*, que garante alta disponibilidade e redundância permitindo que a sua aplicação continue funcionando mesmo se um dos servidores falhar, sendo requisito necessário para o uso de transações *ACID*, empregadas no registro atômico de operações de crédito.

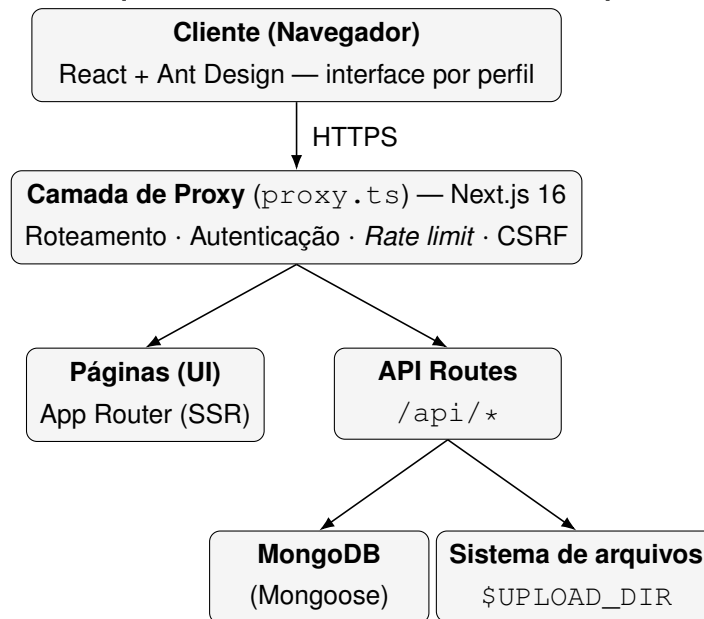
A autenticação foi implementada com *NextAuth.js 4*, biblioteca de referência para autenticação em aplicações Next.js, configurada com a estratégia *JSON Web Token* (JWT). Após o *login* bem-sucedido, o servidor emite um *token* assinado contendo o identificador do usuário, o perfil (super-administrador, escola, professor ou responsável) e o identificador da escola à qual o usuário pertence, com validade de oito horas (Orbán; NextAuth.js Contributors, 2026). O armazenamento das senhas é feito com o algoritmo *bcrypt*, por meio da biblioteca *bcryptjs*, aplicado com fator de custo doze (número que define o quão lento e pesado será esse processo de criptografia), padrão alinhado às recomendações atuais para proteção de credenciais.

Outras bibliotecas foram empregadas para funcionalidades específicas. A geração dos cartões de identificação utiliza a biblioteca *qrcode* para criar as imagens dos códigos, combinada a *jsPDF* e *html2canvas* para a composição de quatro cartões por página A4 no formato 85,6 × 54 mm, compatível com o padrão de cartões físicos. A leitura dos códigos pela câmera dos dispositivos é feita com *@zxing/library 0.21*, que se apoia na *API navigator.mediaDevices* dos navegadores. Os gráficos dos *dashboards* foram construídos com *@ant-design/charts 2.6*, carregados dinamicamente para não impactar o tamanho do *bundle* inicial. O *tour* guiado por perfil, exibido na primeira visita ao sistema, foi implementado com *driver.js 1.4*. Por fim, o envio de mensagens transacionais, redefinição de senha, confirmação de cadastro, notificação de vínculos e demais avisos, é realizado por Nodemailer 8, configurado para operar via SMTP que é o protocolo padrão da internet usado para o envio de e-mails.

3.2 Arquitetura do sistema

O sistema foi concebido como uma aplicação monolítica *full-stack*, organizada em camadas com responsabilidades bem delimitadas, reunidas em um único projeto Next.js. Essa opção reduz a complexidade de implantação e manutenção, adequando-se ao cenário operacional do projeto: uma única instância executada em uma máquina virtual dedicada. A Figura 1 apresenta uma visão geral das camadas e do fluxo de uma requisição, do navegador até a persistência dos dados.

Figura 1 – Arquitetura em camadas do sistema “Tampinha Mágica”



Fonte: Do Autor.

O fluxo de uma requisição inicia-se no **cliente**, isto é, no navegador do usuário, onde a interface é renderizada com React e os componentes do Ant Design, variando conforme o perfil autenticado (super-administrador, escola, professor ou responsável). Toda a comunicação com o servidor ocorre sobre HTTPS, requisito necessário inclusive para o funcionamento da leitura de QR Code, que depende de APIs de câmera disponíveis apenas em contextos seguros.

Antes de qualquer roteamento, toda requisição é interceptada pela **camada de proxy**, implementada no arquivo `proxy.ts`, mecanismo que, no Next.js 16 substitui o tradicional `middleware.ts` (Vercel, Inc., 2026). Essa camada concentra as verificações transversais à aplicação: o roteamento por perfil, que redireciona cada usuário ao ambiente correspondente ao seu papel e bloqueia o acesso a rotas de outros perfis; a liberação das rotas públicas, como a página inicial, o *login*, os cadastros e a recuperação de senha; e a aplicação das defesas de segurança, como a verificação de origem (CSRF) e a limitação da taxa de requisições (*rate limit*), detalhadas na Seção 3.6.

Superada a camada de proxy, a requisição é encaminhada a um de dois destinos. As **páginas**, construídas com o App Router do Next.js, respondem pela interface renderizada do lado do servidor para o conteúdo autenticado e pela geração estática das páginas públicas. As

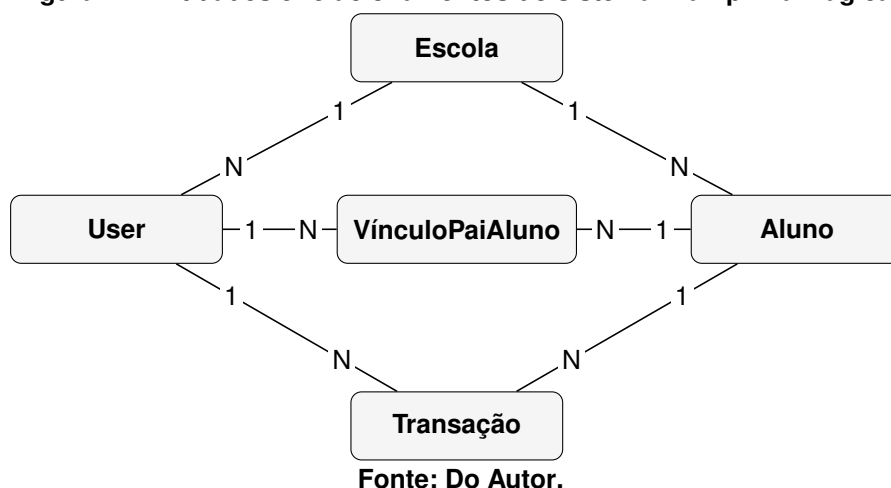
rotas de API (*API Routes*), expostas sob o prefixo `/api/`, implementam a lógica de negócio em um conjunto de *endpoints* no estilo REST, responsáveis por operações como o cadastro de usuários, o registro de créditos, as consultas e a emissão dos cartões.

Por fim, as rotas de API comunicam-se com duas camadas de **persistência**. A primeira é o banco de dados MongoDB, acessado por meio do Mongoose, que armazena os dados estruturados do sistema (usuários, escolas, alunos, transações e vínculos). A segunda é o sistema de arquivos local, no qual são gravadas as imagens enviadas pelos usuários, como as fotos das entregas, em um diretório mantido fora da pasta pública e servido exclusivamente por uma rota autenticada. Os modelos de dados, os mecanismos de autenticação e de isolamento entre escolas e as defesas de segurança dessas camadas são aprofundados nas seções seguintes.

3.3 Modelos de dados

O sistema persiste seus dados em cinco coleções do MongoDB, modeladas com o Mongoose por meio de esquemas tipados. Por se tratar de um banco orientado a documentos, os relacionamentos entre coleções são expressos por referências a identificadores (`ObjectId`) e resolvidos na camada de aplicação, em vez de chaves estrangeiras e junções rígidas como em bancos relacionais (Bradshaw; Brazil; Chodorow, 2019). As cinco coleções (*User*, *Escola*, *Aluno*, *Transação* e *VínculoPaiAluno*) sustentam, respectivamente, a autenticação dos usuários, o cadastro institucional das escolas, o registro dos alunos, o histórico de movimentações de crédito e o vínculo entre responsáveis e alunos. A Figura 2 apresenta as cinco coleções e seus principais relacionamentos.

Figura 2 – Entidades e relacionamentos do sistema “Tampinha Mágica”



A coleção *User* representa qualquer usuário capaz de se autenticar, independentemente do perfil. Reúne os dados de identificação (nome, sobrenome e e-mail único), a senha armazenada como *hash bcrypt*, o papel (*role*) que determina as permissões (super-administrador, escola, professor ou responsável) e o campo *escola_id*, que associa o usuário à escola a que pertence (nulo para o super-administrador e para responsáveis ainda sem vínculo aprovado). Inclui, ainda, campos de controle para a redefinição de senha e o *passwordChangedAt*,

que registra o momento da última troca de senha e permite invalidar sessões emitidas antes dela. Dessa forma, os quatro perfis do sistema compartilham a mesma coleção, distinguindo-se exclusivamente pelo valor de `role`, o que simplifica a autenticação e a gestão de credenciais.

A coleção *Escola* armazena os dados cadastrais de cada instituição: razão social, CNPJ (único e validado por dígito verificador), endereço, dados do responsável, tipos de ensino oferecidos e a logomarca utilizada nos cartões e no portal dos responsáveis. O campo `status` (*pendente*, *ativa* ou *suspensa*) controla o ciclo de aprovação da escola, enquanto `admin_user_id` referencia o usuário administrador correspondente. Uma escola recém-cadastrada permanece com `status` *pendente* até a aprovação pela super-administração. Além disso, até a aprovação a escola receberá atualizações do processo no seu e-mail.

A coleção *Aluno* representa o estudante participante do programa. Além do `escola_id`, que garante o isolamento entre instituições, guarda nome, sobrenome, turma, tipo de ensino e idade, o identificador único `qrcode_id` (um UUID codificado no cartão físico) e o `saldo` de créditos acumulados. Por decisão deliberada, a coleção não armazena dados sensíveis como CPF, RG ou data de nascimento, em medida alinhada ao público-alvo, composto por menores de idade, e às exigências da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) (BRASIL, 2018).

A coleção *Transação* registra cada movimentação de crédito (de adição ou de remoção) associada a um aluno. Mantém referências ao aluno, à escola e ao usuário que realizou a operação, além do valor movimentado, do tipo de operação, das fotos das tampas e do peso e de uma observação, obrigatória nas remoções. Para preservar a integridade do histórico ao longo do tempo, alguns campos são desnormalizados: `aluno_nome`, `aluno_turma` e `realizado_por_nome` são gravados na própria transação, de modo que o registro permaneça correto mesmo que o aluno mude de turma ou o professor altere seu cadastro. A criação da transação e a atualização do saldo do aluno ocorrem de forma atômica, dentro de uma transação *ACID* do MongoDB, o que evita estados inconsistentes em caso de falha intermediária (MongoDB, Inc., 2026).

Por fim, a coleção *VínculoPaiAluno* conecta um responsável a um aluno, registrando também a escola e o `status` do vínculo (*pendente* ou *aprovado*). Um responsável só passa a acompanhar o saldo de um aluno após a escola aprovar a solicitação; vínculos recusados são removidos da base, o que permite uma nova solicitação no futuro sem a necessidade de gerenciar estados intermediários. Os mecanismos de isolamento entre escolas a partir do `escola_id` são detalhados na Seção 3.4.

3.4 Autenticação e multi-tenancy

Para a autenticação, o sistema emprega o NextAuth.js (Orbán; NextAuth.js Contributors, 2026) configurado com a estratégia de *JSON Web Token* (JWT) (Jones; Bradley; Sakimura, 2015). Após o *login* bem-sucedido, validado contra o *hash bcrypt* da senha, o servidor emite um *token* assinado que carrega o identificador do usuário, o seu papel (`role`), o identificador da escola à qual pertence (`escola_id`) e o instante da última troca de senha

(`passwordChangedAt`). Esse *token* é transportado em um *cookie* `httpOnly` com atributo `SameSite=Lax` e validade de oito horas, de modo que as credenciais não ficam acessíveis ao JavaScript executado no cliente e o risco de uso indevido a partir de outros sítios é reduzido.

A opção por uma sessão sem estado (*stateless*), em que o próprio *token* carrega as informações da sessão, traz simplicidade e bom desempenho, mas introduz um desafio conhecido: um *token* permanece válido até expirar, ainda que as credenciais do usuário sejam comprometidas nesse intervalo (Bhuiya *et al.*, 2026). Para mitigar esse risco, o sistema registra em `passwordChangedAt` o momento de cada troca de senha e, a cada requisição autenticada, compara esse valor com o instante de emissão do *token*. Os *tokens* emitidos antes da última troca são automaticamente invalidados, fechando a janela de comprometimento que, de outro modo, persistiria até a expiração natural do *token*.

O sistema é *multi-tenant*: atende múltiplas escolas sobre uma mesma base de dados, com o isolamento garantido na camada de aplicação (multi-tenancy lógica) em vez de um banco de dados separado por instituição (Abbasi *et al.*, 2025). Esse isolamento é centralizado no auxiliar `comEscolaId(filtro, escolaId)`, que injeta obrigatoriamente o filtro `escola_id` em toda consulta às coleções específicas de cada *tenant* (Aluno, Transação e os usuários da escola). Dessa forma, nenhuma consulta a dados de um *tenant* é executada sem a respectiva restrição de escopo.

Um ponto arquitetural decisivo é a origem do `escola_id` utilizado nessas consultas: ele provém exclusivamente da sessão JWT autenticada, nunca do corpo ou da *query string* da requisição. Essa garantia impede que um usuário autenticado manipule o identificador da escola para alcançar dados de outra instituição, neutralizando o vetor de escalonamento horizontal de privilégios entre *tenants*.

Além do isolamento entre escolas, o sistema aplica controle de acesso por perfil. Cada rota de API valida o papel do usuário (`session.user.role`) antes de processar a requisição, e as operações de gestão que abrangem múltiplas escolas são exclusivas da superadministração, expostas sob o prefixo `/api/superadmin/*`. As demais defesas que atuam sobre as requisições — a limitação de taxa e a verificação de origem — são detalhadas na Seção 3.6.

3.5 Funcionalidades implementadas

Esta seção apresenta as funcionalidades efetivamente implementadas no sistema, organizadas segundo os quatro perfis de usuário. Antes da descrição por perfil, sintetizam-se os requisitos que guiaram o desenvolvimento, classificados em requisitos funcionais (RF), regras de negócio (RN) e requisitos não funcionais (RNF).

3.5.1 Síntese dos requisitos

Os requisitos do sistema organizam-se em três categorias. Os requisitos funcionais, apresentados na Tabela 3, descrevem as ações que o sistema deve executar; as regras de negócio, na Tabela 4, definem as políticas e restrições que governam seu funcionamento; e os requisitos não funcionais, na Tabela 5, expressam qualidades esperadas, como desempenho, usabilidade e segurança. Cada requisito recebe um identificador único, uma descrição e uma prioridade (alta, média ou baixa); os funcionais indicam, ainda, eventuais dependências entre si, e os não funcionais, a categoria de qualidade e o escopo a que se aplicam.

Tabela 3 – Requisitos Funcionais (RF)

Identificador	Descrição	Prioridade	Depende de
RF01	O sistema deve prover autenticação para todos os perfis de usuário.	Alta	-
RF02	O sistema deve permitir a recuperação e a redefinição de senha.	Alta	RF01
RF03	O sistema deve permitir o autocadastro público de uma escola (razão social, CNPJ, endereço e responsável).	Alta	-
RF04	O sistema deve permitir que o super-administrador aprove, suspenda e gerencie escolas, bem como as cadastre manualmente.	Alta	RF01, RF03
RF05	O sistema deve permitir o autocadastro de responsáveis.	Alta	-
RF06	O sistema deve permitir que a escola cadastre e gerencie seus professores, definindo senha inicial e estado de ativação.	Alta	RF01, RF04
RF07	O sistema deve permitir que a escola cadastre e gerencie alunos, individualmente ou em lote via CSV.	Alta	RF04
RF08	O sistema deve permitir que o responsável solicite vínculo com um aluno de uma escola.	Alta	RF05, RF07
RF09	O sistema deve permitir que a escola aprove ou recuse as solicitações de vínculo.	Alta	RF08
RF10	O sistema deve permitir que o professor registre a entrega de tampas por um aluno, identificado por leitura de QR Code ou busca por nome.	Alta	RF01, RF07
RF11	O sistema deve permitir o <i>upload</i> de fotos das tampas e do peso no momento do registro.	Média	RF10
RF12	O sistema deve atualizar o saldo de créditos do aluno de forma atômica a cada registro.	Alta	RF10

Continua na próxima página...

Tabela 3: Requisitos Funcionais (RF) (continuação)

Identificador	Descrição	Prioridade	Depende de
RF13	O sistema deve permitir a remoção de créditos, mediante justificativa obrigatória.	Média	RF12
RF14	O sistema deve permitir a consulta do saldo e do histórico de transações de um aluno, com filtros por período.	Alta	RF12
RF15	O sistema deve gerar e permitir a impressão de cartões de identificação com QR Code, de forma individual, por turma ou em lote.	Alta	RF07
RF16	O sistema deve exibir ao responsável um painel com o saldo e o equivalente em quilos dos alunos vinculados.	Alta	RF09, RF12
RF17	O sistema deve exibir um <i>dashboard</i> de métricas e <i>rankings</i> para a escola.	Alta	RF04, RF12
RF18	O sistema deve exibir um <i>dashboard</i> global consolidado para o super-administrador, com <i>ranking</i> entre escolas.	Média	RF04, RF12
RF19	O sistema deve enviar mensagens transacionais por e-mail (boas-vindas, notificação de vínculos e redefinição de senha).	Média	RF01

Tabela 4 – Regras de Negócio (RN)

Identificador	Descrição	Prioridade
RN01	A atribuição de créditos baseia-se na proporção de referência de 1 (uma) grama de tampa plástica para 1 (um) crédito.	Alta
RN02	O cadastro público de uma escola permanece pendente até a aprovação do super-administrador.	Alta
RN03	A solicitação de vínculo deve referir-se a um aluno de uma escola ativa e só se efetiva após a aprovação da escola.	Alta
RN04	O <i>ranking</i> de alunos baseia-se no total de créditos acumulados.	Alta
RN05	Os dados dos alunos limitam-se a informações não sensíveis (nome, sobrenome, turma e idade), em conformidade com a LGPD (BRASIL, 2018).	Alta
RN06	Cada usuário, exceto o super-administrador, está vinculado a uma única escola, e o acesso aos dados restringe-se a essa escola.	Alta
RN07	Toda remoção de créditos exige o registro de uma justificativa.	Média

Tabela 5 – Requisitos Não Funcionais (RNF)

Identificador	Descrição	Categoria	Escopo	Prioridade
RNF01	A aplicação deve ser responsiva, funcionando em <i>desktops</i> , tablets e dispositivos móveis.	Portabilidade	Sistema	Alta

Continua na próxima página...

Tabela 5: Requisitos Não Funcionais (RNF) (continuação)

Identificador	Descrição	Categoria	Escopo	Prioridade
RNF02	A interface deve ser intuitiva e adequada ao contexto educacional, com atenção à usabilidade dos diferentes perfis.	Usabilidade	Sistema	Alta
RNF03	O sistema deve oferecer um <i>tour</i> guiado de apresentação por perfil na primeira utilização.	Usabilidade	Sistema	Média
RNF04	O sistema deve proteger os dados e o acesso conforme boas práticas de segurança (<i>hash</i> de senhas, controle de acesso e defesas contra os principais vetores do OWASP).	Segurança	Sistema	Alta
RNF05	O sistema deve ser compatível com as versões recentes dos principais navegadores.	Compatibilidade	Sistema	Alta
RNF06	A arquitetura deve ser modular, favorecendo a manutenção e a expansão.	Manutenibilidade	Sistema	Alta
RNF07	O sistema deve registrar a autoria das operações de crédito para fins de auditoria.	Confiabilidade	<i>Back-end</i>	Média
RNF08	O sistema deve operar em máquina virtual dedicada, sem dependência de serviços de nuvem.	Portabilidade	Sistema	Alta
RNF09	O sistema deve ser servido via HTTPS em produção, requisito inclusive para a leitura de QR Code por câmera.	Segurança	Sistema	Alta

3.5.2 Superadministração

A super-administração é o único perfil que opera acima da fronteira entre escolas. Diferentemente dos demais, seu `escola_id` é nulo (Seção 3.3), e seu acesso recai sobre as rotas de gestão cruzada (`/api/superadmin/*`), restritas a esse papel pela autorização baseada em perfil descrita na Seção 3.4. Essa posição privilegiada sustenta as duas responsabilidades centrais do perfil: a observação consolidada da plataforma e a administração do ciclo de vida das escolas.

A página inicial é um *dashboard* global que reúne, em leitura agregada, os totais de escolas ativas, pendentes e suspensas, o número de alunos e professores e o volume de créditos emitidos no mês, além de gráficos de crescimento de escolas nos últimos doze meses, de volume de créditos por mês e de um *ranking* das instituições com maior coleta. Um filtro permite restringir essa visão a uma única escola. Cabe notar uma decisão arquitetural nesse ponto: enquanto, para os perfis vinculados a uma escola, o `escola_id` provém exclusivamente da

sessão — nunca da requisição (Seção 3.4) —, a super-administração é a exceção controlada a essa regra, podendo informar o identificador-alvo na consulta justamente porque não está sujeita ao isolamento de *tenant* e porque a verificação de papel já restringe o acesso a essas rotas.

A gestão de escolas concentra o ciclo de aprovação. A listagem é paginada e filtrável por *status*, por estado e por busca textual (nome ou CNPJ), atributos pensados para que a operação permaneça viável à medida que o número de instituições cresce. O cadastro de uma nova escola admite dois caminhos de semânticas distintas: a aprovação de uma solicitação pública pendente, que respeita o fluxo *pendente* → *ativa* (RN02); ou o cadastro manual, em que a super-administração assume a curadoria da instituição e a cria já ativa, com senha definida no ato (atalho adequado a um *onboarding* institucional conduzido diretamente). Há, ainda, a gestão de usuários abrangendo todas as escolas, com busca por nome ou e-mail, edição de dados e redefinição de senha.

Por fim, duas restrições deliberadas protegem o próprio perfil: a super-administração não pode desativar a própria conta nem alterar a senha de outro super-administrador. A medida reduz tanto o risco de bloqueio acidental, que deixaria a plataforma sem administração, quanto o raio de impacto de uma conta comprometida, evitando que um acesso indevido se propague entre administradores (Seção 3.6).

3.5.3 Escola

Cada escola administra um ambiente isolado dos demais *tenants*: todas as consultas deste perfil são filtradas pelo seu `escola_id` de sessão, por meio do auxiliar `comEscolaId` (Seção 3.4). É no perfil da escola que o isolamento multi-tenant se manifesta de forma mais intensa, por concentrar o maior volume de dados operacionais.

O *dashboard* reúne indicadores de gestão, alunos e professores ativos, créditos adicionados e removidos no mês, gráfico de créditos por semana nas últimas doze semanas, *rankings* de alunos por saldo e de turmas por volume de coleta e a distribuição por tipo de ensino. Inclui também um indicador de alunos sem movimentação nos últimos trinta dias, voltado a sinalizar queda de engajamento e orientar a ação da escola.

A gestão de professores oferece listagem paginada, busca, definição de senha inicial e ativação ou desativação. O cadastro de alunos pode ser individual ou em lote, por importação de um arquivo CSV. O modo em lote foi desenhado para o cenário real de uma escola que precisa inserir turmas inteiras de uma vez: o sistema oferece um modelo para *download*, uma tabela editável e validação linha a linha, com os erros agrupados para correção antes da gravação. Validar antes de persistir evita importações parciais e mantém a base consistente, deslocando a correção para um momento anterior à escrita.

A escola administra, ainda, a fila de solicitações de vínculo dos responsáveis, aprovando ou recusando cada pedido — etapa que funciona como controle de acesso aos dados do aluno (Seção 3.4) e como salvaguarda da privacidade dos menores (BRASIL, 2018). Por fim, pode

editar o próprio perfil (razão social, tipos de ensino, dados do responsável e endereço), mas o CNPJ e o e-mail de *login* permanecem não editáveis pela própria escola: o primeiro identifica a pessoa jurídica e o segundo é a identidade de autenticação, de modo que mantê-los fora do alcance de edição preserve a rastreabilidade e a integridade do cadastro.

3.5.4 Professor

O perfil do professor concentra-se no registro das coletas, a operação mais sensível do sistema pois altera o saldo dos alunos. A identificação do aluno parte da leitura do QR Code do cartão, pela câmera do dispositivo, ou da busca pelo nome. A opção pelo cartão físico com QR Code é deliberada: ele funciona como uma carteirinha que permite ao aluno participar sem precisar de credenciais próprias nem de conta no sistema, o que é apropriado ao público de menores de idade. Já a busca por nome emprega *debounce*: a consulta só é disparada após uma breve pausa na digitação, em vez de a cada tecla, reduzindo a carga sobre o servidor e evitando requisições descartáveis.

Cada registro acompanha duas fotos — das tampas entregues e do peso na balança — e, nas remoções, exige justificativa obrigatória. Esses requisitos não são meramente formais: as fotos constituem evidência da coleta, conferindo transparência ao processo perante a escola e os responsáveis, e a justificativa em remoções cria uma trilha de responsabilização para operações que reduzem o saldo do aluno. A criação da transação e a atualização do saldo ocorrem de forma atômica, em uma transação *ACID* (Seção 3.3), de modo que uma falha intermediária não deixe o registro e o saldo em estados divergentes.

O professor também consulta o saldo de um aluno e seu histórico de transações, filtrável por período (sete dias, trinta dias ou intervalo personalizado) e com visualização ampliada das fotos. A emissão de cartões gera um PDF com as carteirinhas no formato $85,6 \times 54$ mm, padrão dos cartões físicos convencionais, dispostas quatro por página A4 para economia de impressão; a composição é feita no próprio navegador, a partir do componente de cartão já renderizado na interface. A seleção pode ser individual, por turma ou em lote, atendendo desde a reimpressão de um cartão avulso até a emissão para uma turma inteira recém-cadastrada. Completa o perfil um *dashboard* pessoal, com as transações do dia e atalhos para os fluxos mais frequentes.

3.5.5 Responsável

O responsável é um perfil de acompanhamento: observa o progresso dos alunos a ele vinculados, sem capacidade de alterar dados. O vínculo é estabelecido em três passos (localização da escola, busca do aluno pelo nome dentro dela e confirmação) mas só se efetiva após a aprovação da escola, que é notificada por e-mail. Esse condicionamento é intencional: subordinar o acesso à aprovação institucional impede que um responsável passe a visualizar dados de um aluno sem que a escola confirme o vínculo, protegendo a privacidade dos menores (BRASIL, 2018). As solicitações recusadas são removidas da base, em vez de mantidas como

registro inativo, o que permite uma nova solicitação no futuro sem a necessidade de gerenciar estados intermediários de rejeição.

Aprovado o vínculo, o responsável acessa um painel com um cartão por aluno, exibindo o saldo atual e seu equivalente aproximado em quilos de tampas, calculado por uma proporção fixa. Essa conversão tem função pedagógica: traduz um valor abstrato de créditos em uma grandeza concreta de impacto ambiental, tornando tangível a contribuição da criança. A partir do painel, o responsável consulta o histórico de cada aluno em modo somente leitura, com as mesmas opções de filtro por período e de visualização de fotos disponíveis ao professor, reaproveitando a funcionalidade de histórico de forma restrita à observação, em coerência com o caráter não operacional do perfil.

3.6 Segurança

A plataforma incorpora um conjunto de defesas alinhadas às recomendações do OWASP Top 10 (OWASP Foundation, 2021). Parte delas já foi apresentada anteriormente, como a autenticação por *JSON Web Token*, a invalidação de sessões após a troca de senha e o isolamento de dados entre escolas (Seção 3.4). Esta seção detalha as camadas de proteção complementares, organizadas por tema.

3.6.1 Senhas e credenciais

As senhas são armazenadas como *hash bcrypt* com fator de custo doze. O *bcrypt* é um esquema de derivação propositadamente custoso e adaptável, cujo fator de trabalho pode ser elevado à medida que o poder computacional aumenta, o que o torna resistente a ataques de força bruta por tabelas pré-computadas (Provos; Mazières, 1999). A política de senhas exige de oito a cento e vinte e oito caracteres e bloqueia uma lista de senhas comuns conhecidas. O fluxo de redefinição emprega um *token* de 32 *bytes* aleatórios, com validade de uma hora e invalidação após o uso. Além disso, a mensagem exibida na recuperação de senha é genérica, informando que se o e-mail estiver cadastrado um *link* será enviado, evitando a enumeração de contas existentes.

3.6.2 Limitação de taxa de requisições

A implementação utiliza uma janela deslizante mantida em memória, com limpeza periódica e sem dependência de serviços externos como o Redis, o que é adequado ao cenário de operação em instância única numa máquina virtual dedicada. O contrato do componente foi desenhado para ser substituível, de modo que uma eventual migração para múltiplas réplicas exigiria alterar apenas sua implementação, não os *endpoints* que o utilizam.

Tabela 6 – Limites de requisições por *endpoint*

Endpoint	Limite por IP	Limite por e-mail
POST /api/auth/callback/credentials	10 / 5 min	5 / 15 min
POST /api/auth/esqueci-senha	3 / hora	3 / hora
POST /api/auth/cadastro-pai	5 / hora	—
POST /api/escolas (cadastro público)	3 / hora	—

Fonte: Do Autor.

3.6.3 Proteção contra CSRF

Além do atributo `SameSite=Lax` dos *cookies* de sessão, as requisições com método mutador (POST, PUT, PATCH e DELETE) destinadas à camada de API são validadas quanto à origem: os cabeçalhos `Origin` ou `Referer` devem corresponder à URL configurada para a aplicação. Os *endpoints* do próprio NextAuth, que já dispõem de proteção nativa contra *Cross-Site Request Forgery* (CSRF) por *token*, são excetuados dessa verificação.

3.6.4 Cabeçalhos HTTP de segurança

Todas as respostas do sistema incluem cabeçalhos de segurança: `Strict-Transport-Security` (HSTS), que força o uso de HTTPS; `X-Frame-Options: DENY`, contra *clickjacking*; `X-Content-Type-Options: nosniff`, contra a inferência indevida de tipos de conteúdo; `Referrer-Policy` restritiva; uma `Permissions-Policy` que libera apenas a câmera para a própria origem — necessária à leitura de QR Code — e bloqueia as demais APIs sensíveis; e uma `Content-Security-Policy` que restringe as origens de *scripts*, imagens, fontes e requisições, mitigando a injeção de conteúdo de terceiros.

3.6.5 Validação de entradas

Toda entrada de usuário aproveitada em expressões regulares passa por um auxiliar que escapa metacaracteres e limita o comprimento, neutralizando o vetor de negação de serviço por expressão regular (*ReDoS*). Os identificadores do MongoDB recebidos por rota, *query* ou corpo são validados antes de qualquer consulta, retornando um erro HTTP limpo em vez de exceções não tratadas. O campo de foto nas transações aceita apenas URLs no padrão interno do sistema, impedindo a injeção de endereços externos. Por fim, os filtros por intervalo de datas rejeitam datas malformadas e intervalos cujo fim anteceda o início.

3.6.6 Upload e servimento de arquivos

O envio de imagens ocorre exclusivamente por um *endpoint* autenticado, que valida o tipo MIME, a extensão e o tamanho do arquivo. Os arquivos são gravados em um diretório fora

da pasta pública, com nomes gerados por identificadores únicos (UUID) — sem qualquer parte do nome original enviado pelo usuário —, organizados por ano e mês. O servimento é feito por uma rota que exige sessão autenticada e protege contra *path traversal*, resolvendo o caminho absoluto e verificando explicitamente que ele permanece dentro do diretório-base.

3.6.7 Mecanismo anti-bot

Os formulários públicos de cadastro — de responsável e de escola — incorporam um campo *honeypot*, invisível a usuários humanos. Submissões automatizadas que preencham esse campo são descartadas silenciosamente pelo servidor, sem sinalizar o mecanismo ao agente automatizado.

3.7 Identidade visual e experiência do usuário

A identidade visual e a experiência do usuário foram concebidas para transmitir um tom amigável, adequado ao contexto educacional, e para assegurar o uso confortável em qualquer dispositivo. Esta seção descreve a paleta e a tipografia adotadas, o suporte a tema claro e escuro e a estratégia de responsividade.

3.7.1 Identidade visual

A paleta de cores foi extraída diretamente da logomarca do projeto, conforme a Tabela 7. O verde, em dois tons, predomina como cor de marca, enquanto o laranja e o amarelo reservam-se a destaques pontuais, evitando a poluição visual.

Tabela 7 – Paleta de cores da identidade visual

Cor	Token	Hex	Aplicação
	Verde primário	#16A34A	Cor de marca: botões primários, <i>links</i> e ícones
	Verde escuro	#15803D	<i>Hover</i> , gradientes e cabeçalhos de tabela
	Laranja <i>accent</i>	#EA580C	Chamadas de ação críticas e destaques pontuais
	Amarelo	#F59E0B	Avisos e destaques de <i>ranking</i>

Fonte: Do Autor.

A tipografia adotada é a fonte Inter, carregada via `next/font` com *self-hosting* automático, sem requisições externas em tempo de execução. Completam a identidade os cantos arredondados (doze *pixels* como padrão e dezesseis em cartões), sombras sutis com tonalidade esverdeada e uma densidade visual suave, que reforçam o caráter acolhedor apropriado ao público escolar.

3.7.2 Tema claro e escuro

O sistema oferece dois temas alternáveis por um botão presente em todas as telas, presente no cabeçalho das áreas autenticadas e como botão flutuante nas páginas públicas. A preferência é persistida no *localStorage* do navegador e, sobretudo, aplicada *antes* da hidratação da interface pelo React. Essa ordem é deliberada: lê-se a preferência e define-se o tema já na primeira renderização, evitando o efeito de “pisca” (*flash*) em que a tela apareceria momentaneamente no tema claro antes de trocar para o escuro.

A paleta de marca é ajustada conforme o modo: no tema escuro, o verde primário sobe um tom (#22C55E) para preservar o contraste contra o fundo escuro, e as cores de erro e de *link* são igualmente suavizadas. Esse comportamento apoia-se na decisão de definir a aparência por *tokens* de tema do Ant Design, em vez de CSS customizado: ao concentrar a paleta em um único ponto de configuração, uma alteração propaga-se automaticamente a todos os componentes, e os *tokens* secundários (fundos, bordas e texto) são derivados pelo próprio algoritmo de tema da biblioteca. A alternativa, reescrever estilos componente a componente, escalaria de forma linear com o número de telas e elevaria o risco de inconsistências visuais entre elas.

3.7.3 Responsividade

A responsividade é um requisito de primeira ordem neste sistema, e não um refinamento posterior, porque os perfis o utilizam em contextos físicos distintos: o professor registra coletas pelo celular ou tablet no pátio da escola inclusive lendo o QR Code pela câmera, enquanto a escola e a super-administração tendem a operar em *desktop*, e os responsáveis acompanham o saldo pelo telefone. Para atender a essa diversidade, todas as telas são acessíveis em *desktops*, tablets e celulares.

As adaptações seguem o sistema de grade do Ant Design, com pontos de quebra que reorganizam o conteúdo conforme a largura disponível: em *viewports* estreitos, o menu lateral converte-se em um *drawer* deslizante, os formulários longos quebram suas colunas para evitar campos comprimidos e os modais passam a ocupar a tela inteira. Os botões de ação adotam altura mínima de quarenta e quatro *pixels* em dispositivos móveis, medida alinhada às recomendações de acessibilidade para alvos de toque, que reduz erros de seleção em telas pequenas.

3.8 Pesquisa de campo

A validação do sistema foi conduzida por meio de uma avaliação de usabilidade, com o objetivo de verificar a facilidade de uso percebida da plataforma pelos usuários. Para isso, adotou-se o *System Usability Scale* (SUS), instrumento padronizado proposto por Brooke (1996) e amplamente empregado na avaliação de usabilidade de sistemas interativos. A escolha do SUS deve-se à sua adequação a aplicações web, à sua simplicidade de aplicação e ao fato de

ser um instrumento consolidado e validado, o que confere respaldo aos resultados obtidos. Cabe delimitar o escopo desta avaliação: o SUS mede a usabilidade da interface, e não a eficácia pedagógica do sistema ou sua adoção em contexto operacional real, aspectos que extrapolam o recorte deste trabalho.

O SUS é composto por dez afirmações alternadas entre positivas e negativas, e cada respondente as avalia numa escala de 1 a 5, de acordo com seu grau de concordância. Como os itens ímpares são redigidos de forma positiva e os pares de forma negativa, suas respostas não podem ser somadas diretamente, sendo necessário primeiro padronizar a contribuição de cada item numa mesma direção. Para isso, nos itens ímpares subtrai-se 1 do valor assinalado, enquanto nos itens pares subtrai-se o valor assinalado de 5, de modo que, em ambos os casos, cada item passa a contribuir com um valor de 0 a 4, no qual quanto maior o número, melhor a avaliação.

Em seguida, somam-se as dez contribuições, o que resulta em um total de 0 a 40, que é então multiplicado por 2,5 para converter a pontuação em uma nota final de 0 a 100, facilitando sua interpretação. A nota final do sistema corresponde à média das notas individuais de todos os respondentes. Como referência de interpretação, uma pontuação em torno de 68 é considerada a média esperada, situando-se acima da média de mercado as notas superiores a esse valor (Bangor; Kortum; Miller, 2008). A Tabela 8 apresenta os itens utilizados, adaptados para o português.

Tabela 8 – Itens do questionário SUS aplicados na avaliação

Item	Afirmação	Tom
1	Eu acho que gostaria de usar este sistema com frequência.	Positiva
2	Considereei o sistema mais complexo do que precisava ser.	Negativa
3	Achei o sistema fácil de usar.	Positiva
4	Acho que precisaria de ajuda de uma pessoa técnica para conseguir usar o sistema.	Negativa
5	Achei que as várias funções do sistema estavam bem integradas.	Positiva
6	Achei que havia muita inconsistência no sistema.	Negativa
7	Imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema rapidamente.	Positiva
8	Achei o sistema complicado de usar.	Negativa
9	Senti-me confiante ao usar o sistema.	Positiva
10	Precisei aprender muitas coisas antes de conseguir usar o sistema.	Negativa

Fonte: Adaptado de Brooke (1996).

A aplicação foi realizada por meio de um formulário *online*, na plataforma Google Forms, que foi respondido após a utilização do sistema. Para assegurar que os participantes tivessem contato efetivo com a plataforma antes de responder, disponibilizou-se um ambiente de teste com dados fictícios e um roteiro de tarefas representativas dos principais fluxos, como o registro de créditos, a consulta de histórico e a emissão de cartões. Além das dez afirmações do SUS, o formulário incluiu uma questão de caracterização do perfil do respondente e um campo

aberto, opcional, destinado a comentários e sugestões, cuja finalidade foi enriquecer a análise quantitativa com percepções qualitativas.

Os participantes foram selecionados por sua familiaridade com o processo educacional, composto por educadores atuando no ensino infantil, e as respostas foram coletadas de forma anônima. Os resultados obtidos a partir dessa aplicação são apresentados e discutidos no Capítulo 4.

4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta o sistema “Tampinha Mágica” em funcionamento, concluído e pronto para operação. A primeira seção percorre as principais telas da plataforma, organizadas pelas áreas públicas e pelos quatro perfis de usuário, ilustrando a materialização das funcionalidades e da identidade visual detalhadas no capítulo anterior; as descrições aqui se concentram no que cada tela exhibe, remetendo às seções correspondentes quanto às decisões de projeto. A segunda seção apresenta os resultados da avaliação de usabilidade conduzida com o SUS.

4.1 Apresentação do sistema

Esta seção percorre a plataforma na ordem em que um usuário a utiliza, do primeiro acesso aos fluxos específicos de cada perfil, apresentando as telas efetivamente implementadas. As descrições concentram-se no que cada tela exhibe; as decisões de projeto correspondentes foram tratadas no Capítulo anterior.

4.1.1 Acesso e cadastro

O ponto de entrada é a página inicial pública (Figura 3), que apresenta o projeto e oferece os dois caminhos de acesso: entrar ou cadastrar-se. Ao escolher entrar, o usuário chega à tela de *login* (Figura 4), comum a todos os perfis. Ao escolher cadastrar-se, o sistema apresenta a seleção entre os dois tipos de cadastro público: escola ou responsável (Figura 6). A opção por escola conduz ao formulário institucional, com dados como CNPJ, endereço e responsável (Figura 7); a opção por responsável conduz ao formulário correspondente (Figura 8).

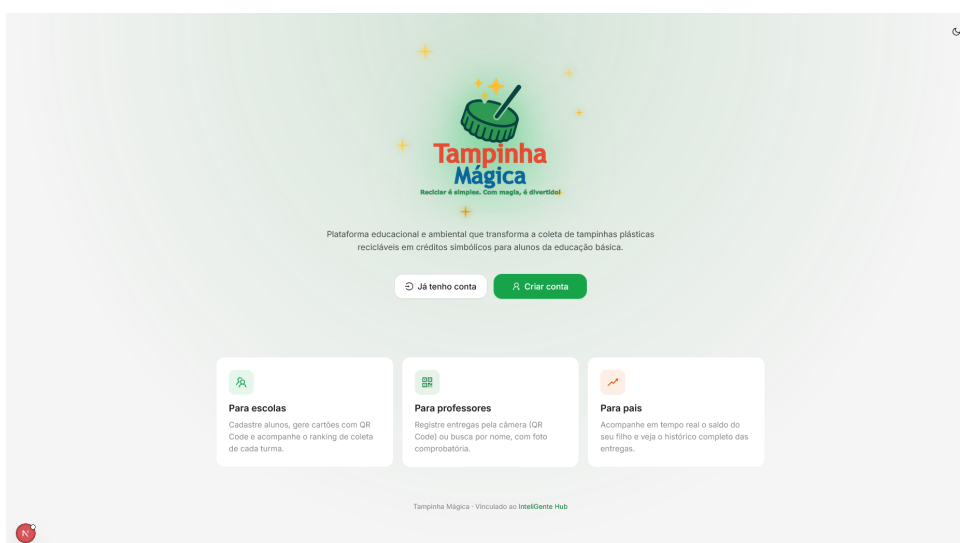


Figura 3 – Página inicial pública

Fonte: Do Autor.

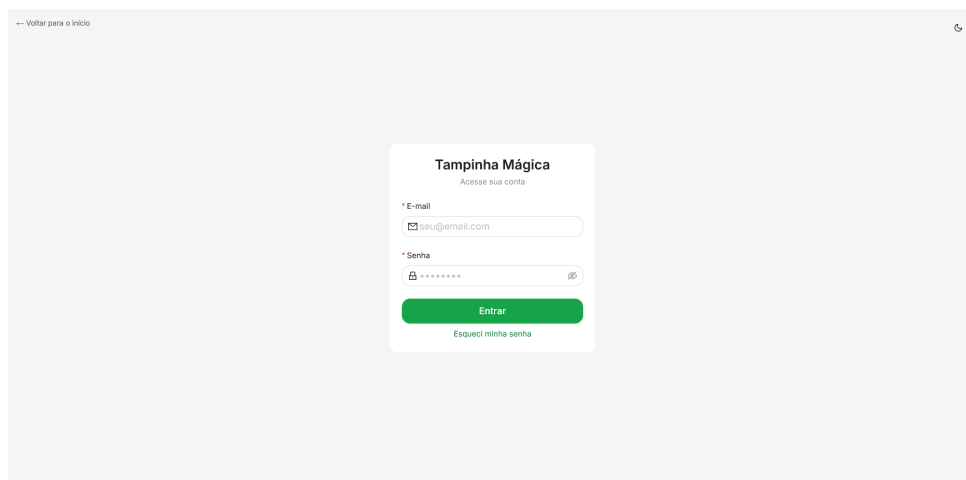


Figura 4 – Tela de login

Fonte: Do Autor.

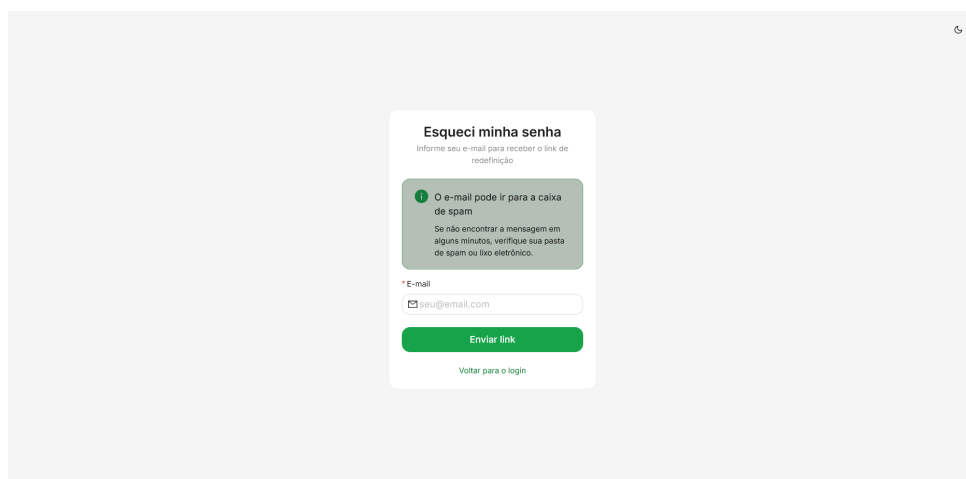


Figura 5 – Recuperação de senha

Fonte: Do Autor.

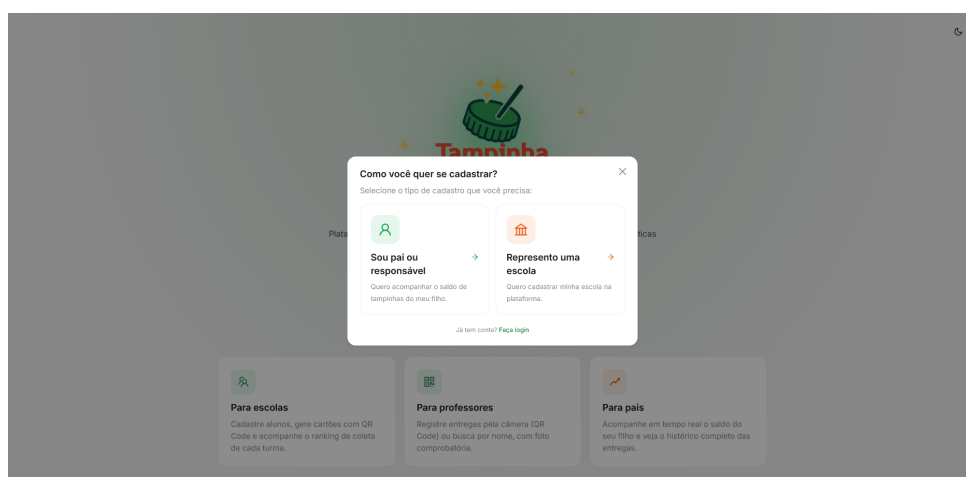


Figura 6 – Escolha do tipo de cadastro

Fonte: Do Autor.

Figura 7 – Cadastro de escola

Fonte: Do Autor.

Figura 8 – Cadastro de responsável

Fonte: Do Autor.

4.1.2 Superadministração

Após o *login*, cada perfil é direcionado ao seu próprio ambiente. A super-administração abre no *dashboard* global (Figura 9), com as métricas consolidadas da plataforma, os gráficos e o *ranking* de escolas. A administração das instituições é feita na tela de gestão de escolas (Figura 10), com os filtros e o fluxo de aprovação e suspensão. A gestão de usuários (Figura 11) permite localizar e editar qualquer usuário, independentemente da escola.

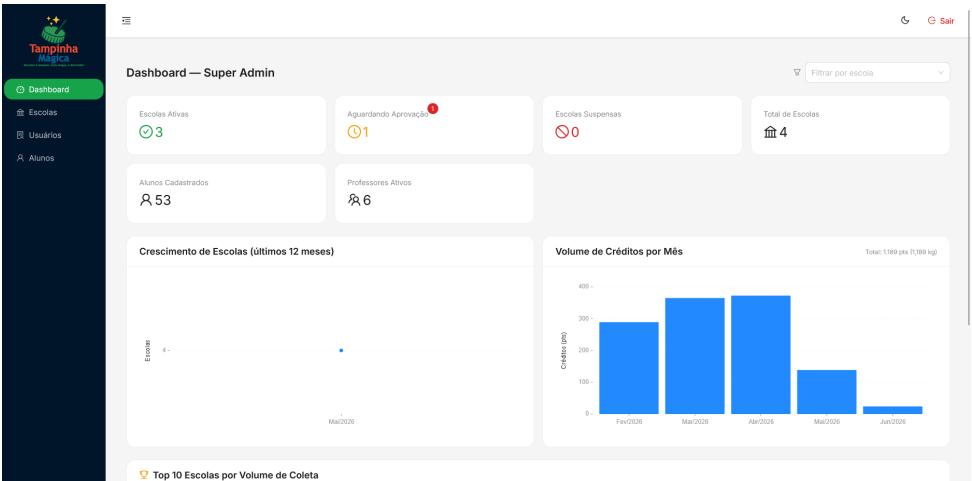


Figura 9 – Dashboard global da super-administração
Fonte: Do Autor.

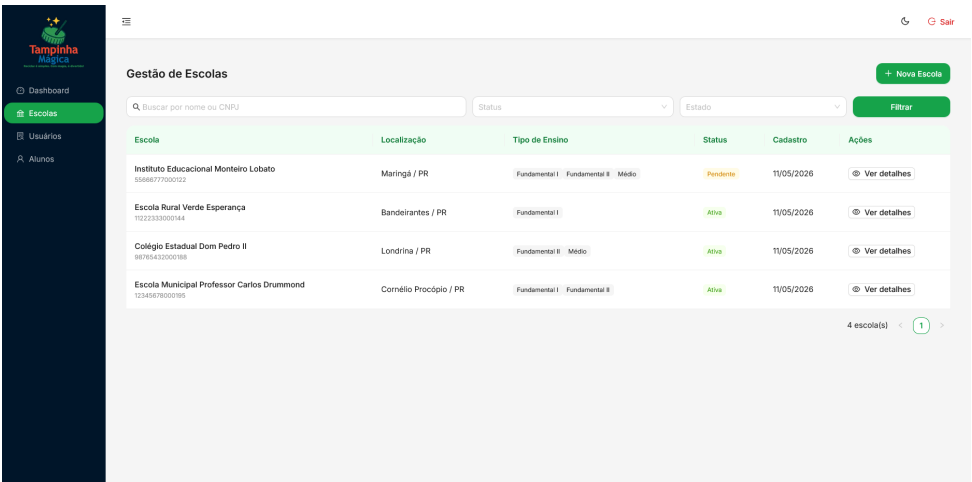


Figura 10 – Gestão de escolas
Fonte: Do Autor.

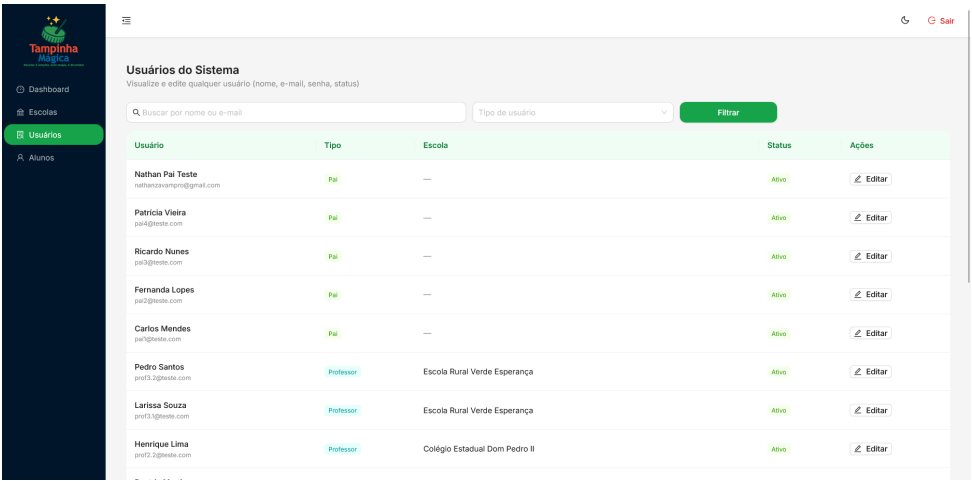
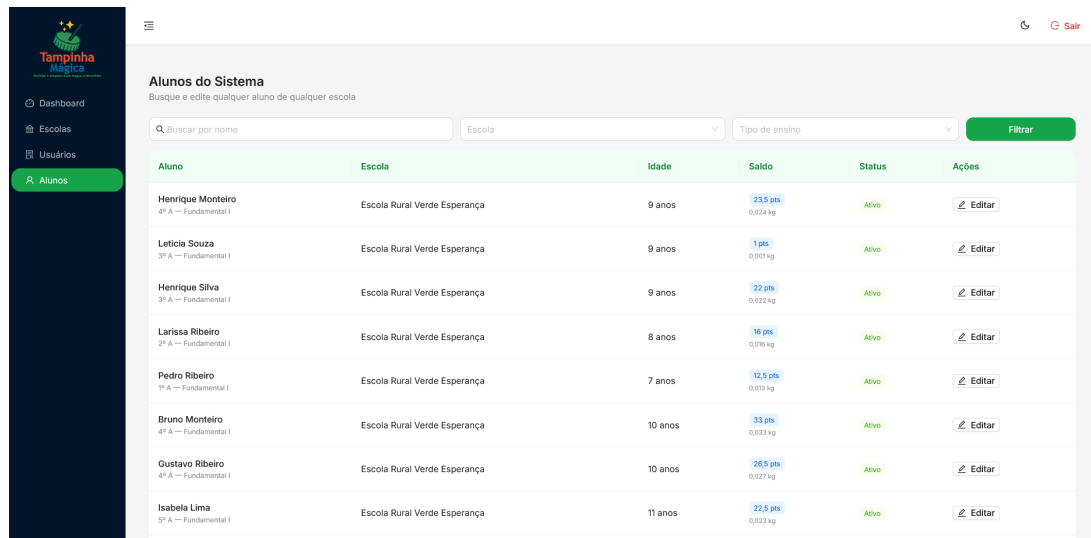


Figura 11 – Gestão de usuários (cross-school)
Fonte: Do Autor.



Alunos do Sistema
Busque e edite qualquer aluno de qualquer escola

Buscar por nome Escola Tipo de ensino **Filtrar**

Aluno	Escola	Idade	Saldo	Status	Ações
Henrique Monteiro 4º A — Fundamental I	Escola Rural Verde Esperança	9 anos	23.5 pts 0,024 kg	Ativo	Editar
Leticia Souza 3º A — Fundamental I	Escola Rural Verde Esperança	9 anos	1 pts 0,001 kg	Ativo	Editar
Henrique Silva 3º A — Fundamental I	Escola Rural Verde Esperança	9 anos	22 pts 0,022 kg	Ativo	Editar
Larissa Ribeiro 2º A — Fundamental I	Escola Rural Verde Esperança	8 anos	16 pts 0,016 kg	Ativo	Editar
Pedro Ribeiro 1º A — Fundamental I	Escola Rural Verde Esperança	7 anos	12.5 pts 0,013 kg	Ativo	Editar
Bruno Monteiro 4º A — Fundamental I	Escola Rural Verde Esperança	10 anos	33 pts 0,033 kg	Ativo	Editar
Gustavo Ribeiro 4º A — Fundamental I	Escola Rural Verde Esperança	10 anos	26.5 pts 0,027 kg	Ativo	Editar
Isabela Lima 5º A — Fundamental I	Escola Rural Verde Esperança	11 anos	22.5 pts 0,023 kg	Ativo	Editar

Figura 12 – Gestão de Alunos

Fonte: Do Autor.

4.1.3 Escola

O perfil da escola abre em seu *dashboard* (Figura 13), com as métricas, os *rankings* e os indicadores da instituição. O quadro docente é administrado na tela de gestão de professores (Figura 14). O cadastro de alunos em lote é feito pela importação de um arquivo CSV, com tabela editável e validação por linha (Figura 15). As solicitações de vínculo dos responsáveis são tratadas na fila de aprovação (Figura 16).

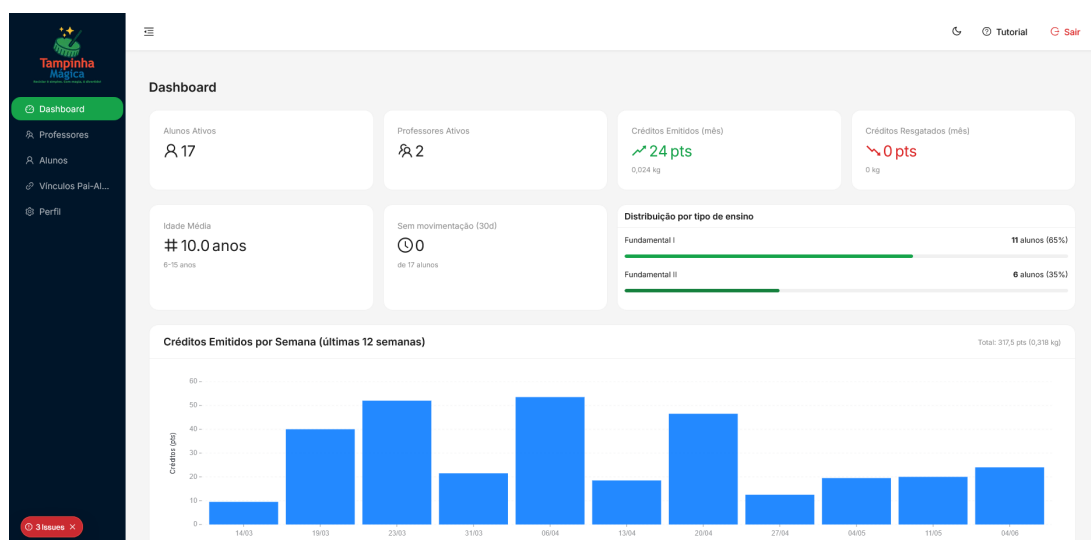


Figura 13 – Dashboard da escola

Fonte: Do Autor.

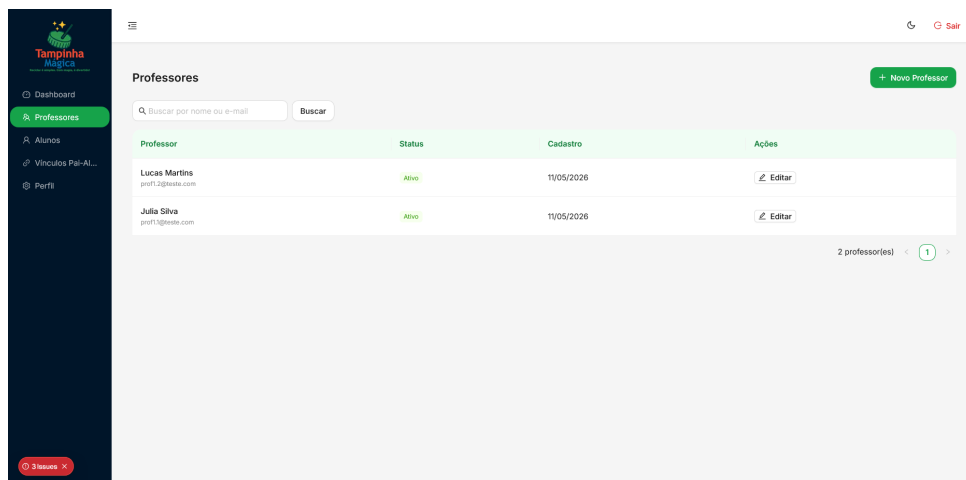


Figura 14 – Gestão de professores

Fonte: Do Autor.

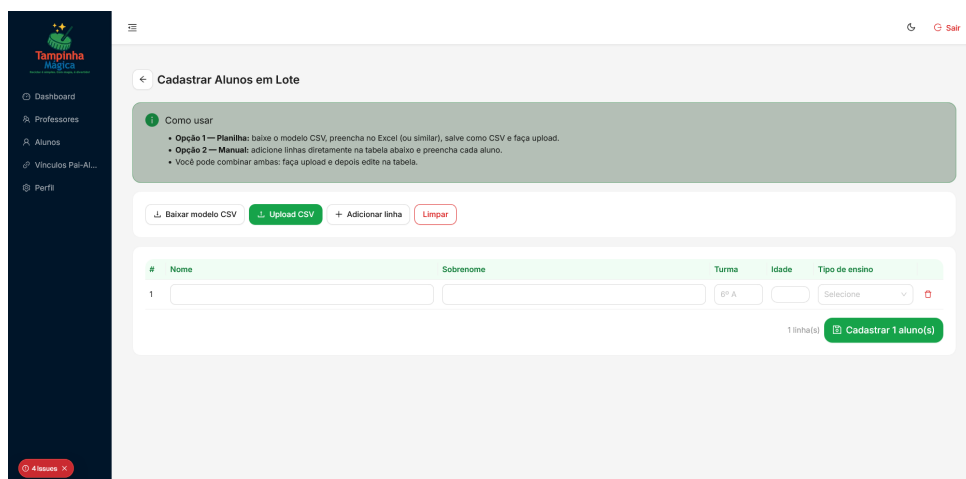


Figura 15 – Cadastro de alunos em lote via CSV

Fonte: Do Autor.

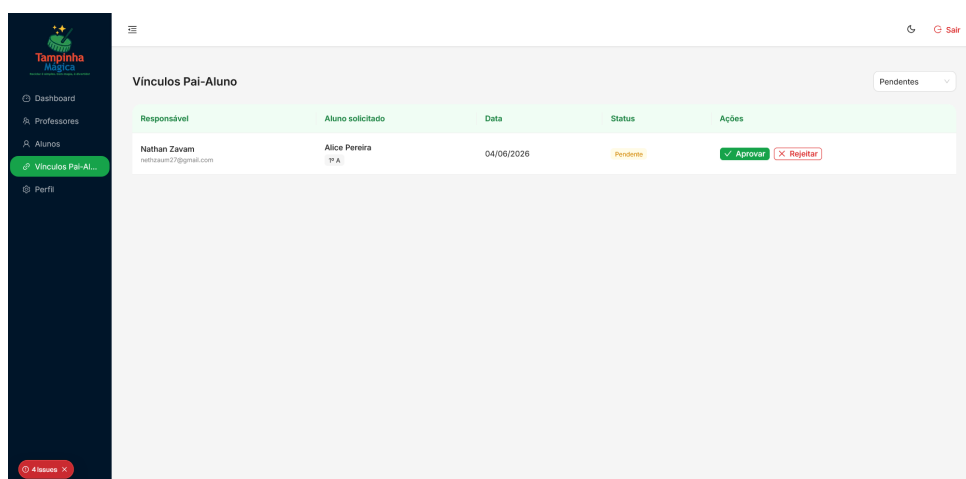


Figura 16 – Aprovação de vínculos pai–aluno

Fonte: Do Autor.

4.1.4 Professor

O professor inicia em um *dashboard* pessoal (Figura 17), com as transações do dia e atalhos para os fluxos frequentes. O registro de uma coleta começa pela identificação do aluno: pela leitura do QR Code do cartão com a câmera (Figura 18) ou pela busca por nome. Identificado o aluno, o professor informa o valor e anexa as duas fotos (das tampas e do peso) na tela de adição de créditos (Figura 19). A remoção de créditos parte da mesma base, acrescida do campo de justificativa obrigatória (Figura 20).

A consulta de saldo (Figura 21) exibe o total acumulado do aluno em destaque, e o histórico de transações (Figura 22) lista as movimentações, com filtro por período e visualização ampliada das fotos. Por fim, a emissão de cartões parte de uma tela de seleção que pode ser individual, por turma ou em lote (Figura 23) assim gerando um arquivo PDF pronto para impressão, com quatro cartões por página (Figura 24).

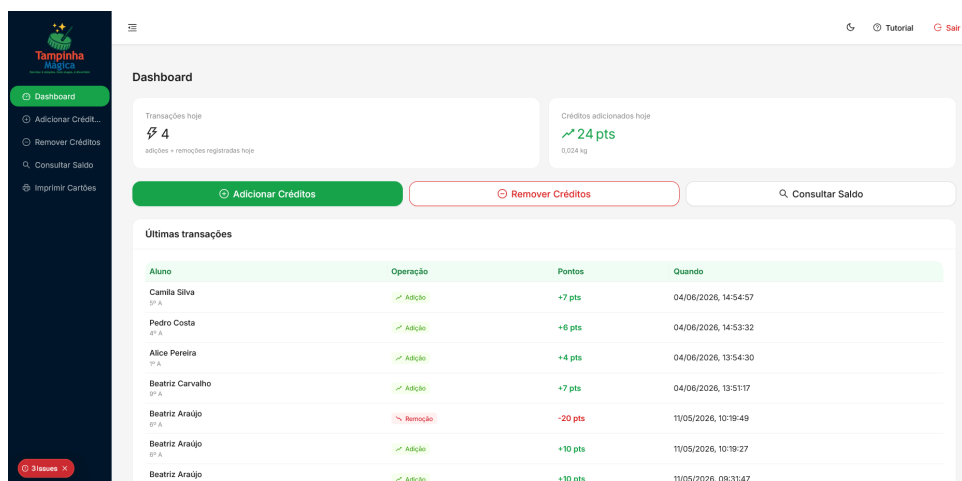


Figura 17 – Dashboard do professor

Fonte: Do Autor.

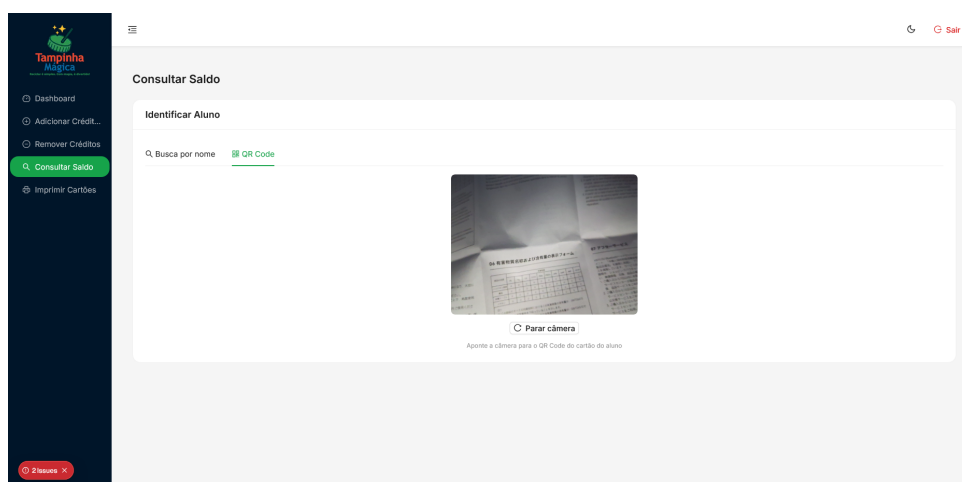


Figura 18 – Identificação do aluno por leitura de QR Code

Fonte: Do Autor.

Adicionar Créditos

Trocar aluno

Alice Pereira
1º A — Fundamental I — 6 anos

Saldo atual: **20 pts**
602 kg

* Pontos a adicionar
15,0

Foto das tampinhas (opcional)

Foto do peso na balança (opcional)

Observação (opcional)
Ex: Entregou tampinhas coloridas

Confirmar Cancelar

Figura 19 – Adição de créditos

Fonte: Do Autor.

Remover Créditos (Resgate)

Trocar aluno

Alice Pereira
1º A — Fundamental I — 6 anos

Saldo atual: **20 pts**
602 kg

* Pontos a remover
Máximo: 20 pts

Foto das tampinhas (opcional)
Câmera Galeria

Foto do peso na balança (opcional)
Câmera Galeria

* Motivo do resgate
Ex: Figurinhas, Material escolar, Brinde

Confirmar Resgate Cancelar

Figura 20 – Remoção de créditos com justificativa

Fonte: Do Autor.

Consultar Saldo

Consultar outro

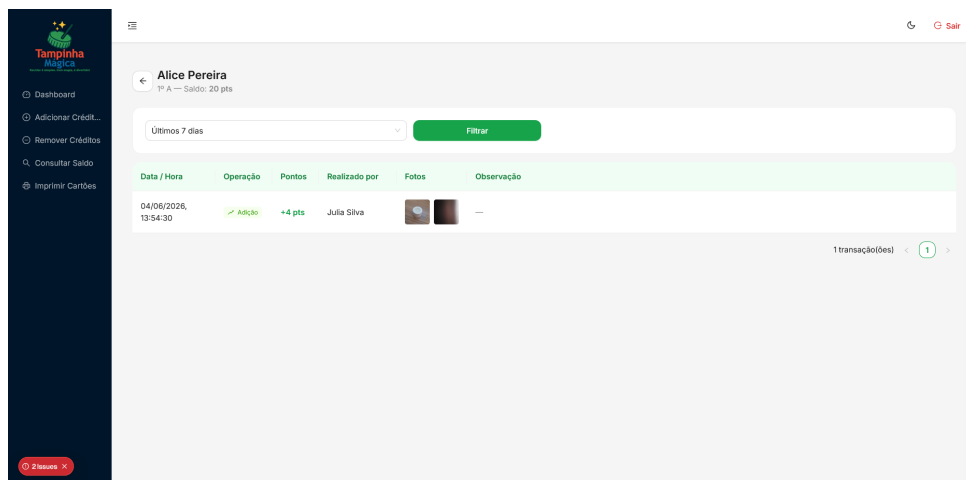
Alice Pereira
1º A — Fundamental I

Saldo atual
20 pts

Ver histórico completo

Figura 21 – Consulta de saldo

Fonte: Do Autor.



Alice Pereira
1ª A — Saldo: 20 pts

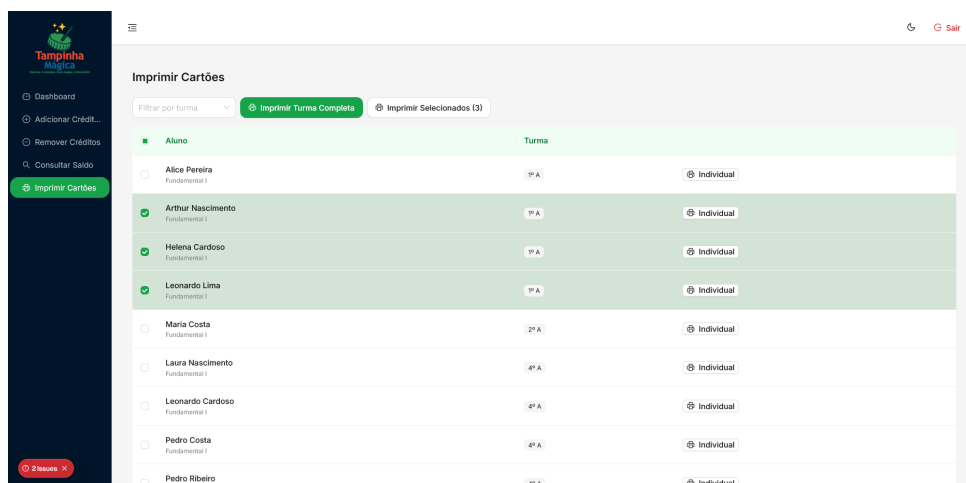
Últimos 7 dias Filtrar

Data / Hora	Operação	Pontos	Realizado por	Fotos	Observação
04/08/2026, 13:54:30	✓ Adição	+4 pts	Julia Silva		—

1 transações(es) < 1 >

Figura 22 – Histórico de transações de um aluno

Fonte: Do Autor.



Imprimir Cartões

Filtrar por turma Imprimir Turma Completa Imprimir Selecionados (3)

Aluno	Turma	
☐ Alice Pereira Fundamental I	1ª A	☐ Individual
☒ Arthur Nascimento Fundamental I	1ª A	☐ Individual
☒ Helena Cardoso Fundamental I	1ª A	☐ Individual
☒ Leonardo Lima Fundamental I	1ª A	☐ Individual
☐ Maria Costa Fundamental I	2ª A	☐ Individual
☐ Laura Nascimento Fundamental I	4ª A	☐ Individual
☐ Leonardo Cardoso Fundamental I	4ª A	☐ Individual
☐ Pedro Costa Fundamental I	4ª A	☐ Individual
☐ Pedro Ribeiro	4ª A	☐ Individual

Figura 23 – Seleção de cartões para impressão

Fonte: Do Autor.



Figura 24 – Cartões gerados em PDF

Fonte: Do Autor.

4.1.5 Responsável

O responsável estabelece o vínculo com um aluno em três passos: a localização da escola (Figura 25), a busca do aluno pelo nome dentro dela (Figura 26) e a confirmação da solicitação (Figura 27). Aprovado o vínculo pela escola, o responsável passa a acompanhar os alunos em seu painel (Figura 28), com o saldo e o equivalente em quilos de cada um. O histórico de cada aluno é consultável em modo somente leitura, com a mesma apresentação da tela de histórico do professor (Figura 22).

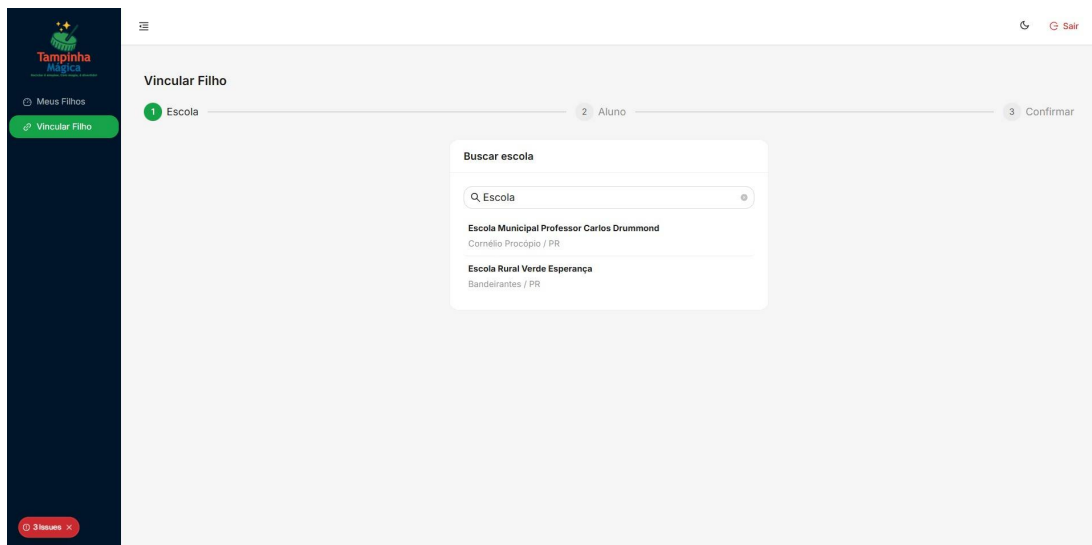


Figura 25 – Vínculo — passo 1: localização da escola

Fonte: Do Autor.

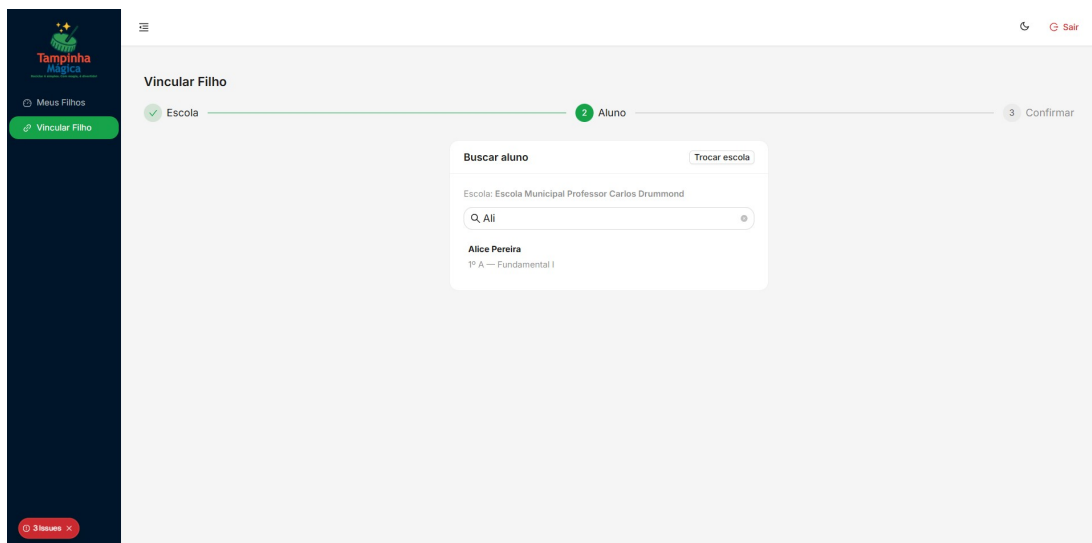


Figura 26 – Vínculo — passo 2: busca do aluno

Fonte: Do Autor.

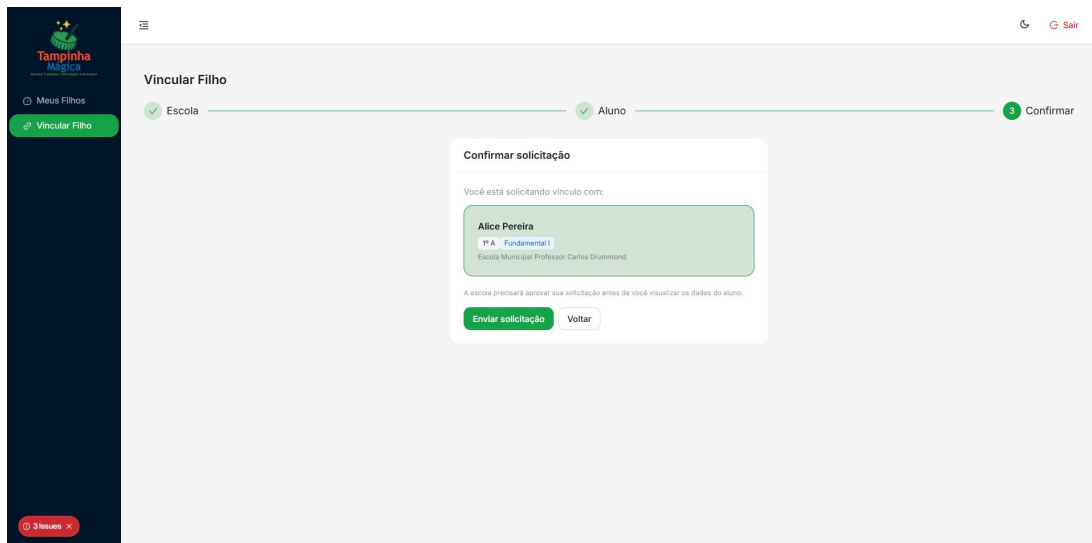


Figura 27 – Vínculo — passo 3: confirmação

Fonte: Do Autor.

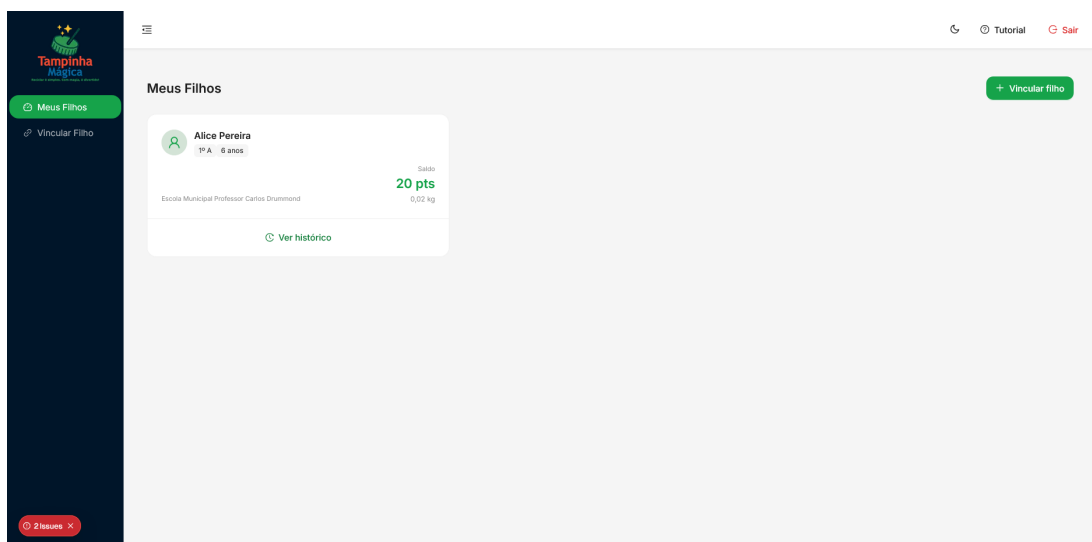


Figura 28 – Painel do responsável

Fonte: Do Autor.

4.1.6 Tema e responsividade

Por fim, dois aspectos são transversais a toda a interface. A plataforma oferece temas claro e escuro, alternáveis em qualquer tela (Figura 29), e adapta-se a dispositivos móveis, reorganizando o menu e os elementos da tela (Figura 30).

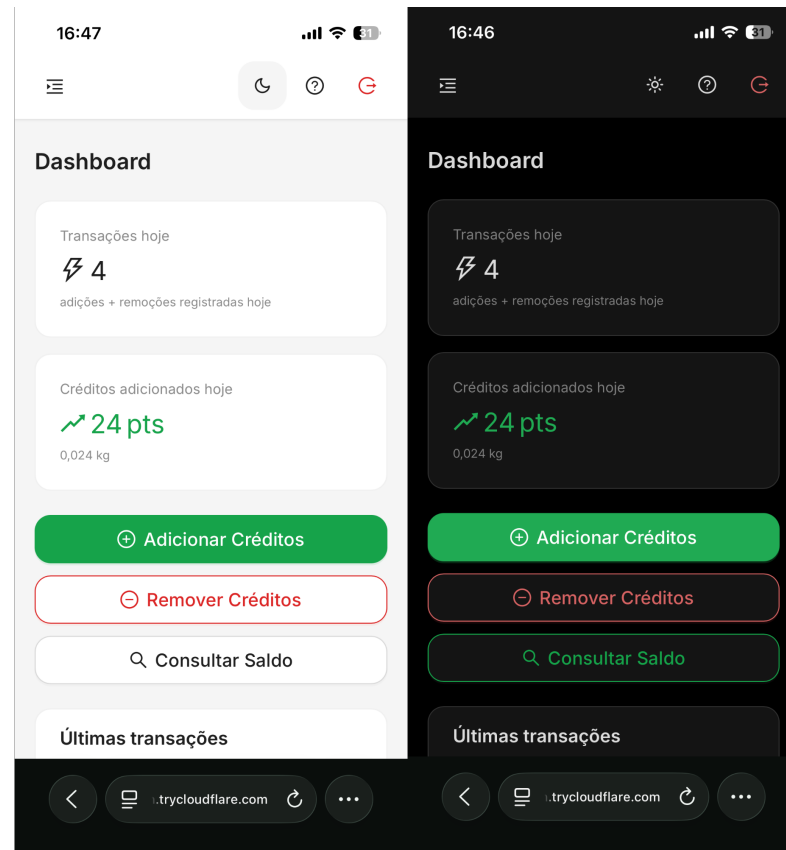


Figura 29 – Comparação entre os temas claro e escuro (no celular)

Fonte: Do Autor.

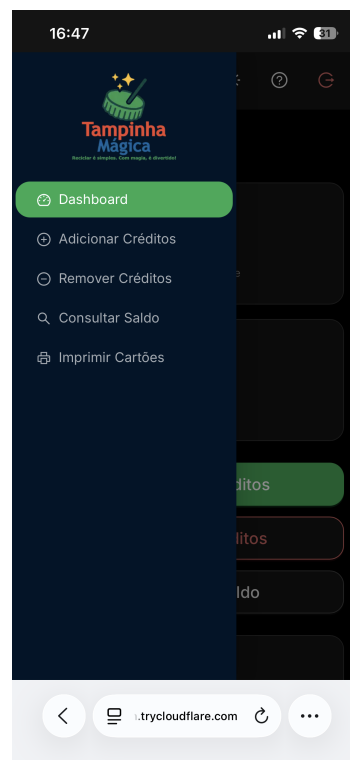


Figura 30 – Adaptação da interface a dispositivos móveis

Fonte: Do Autor.

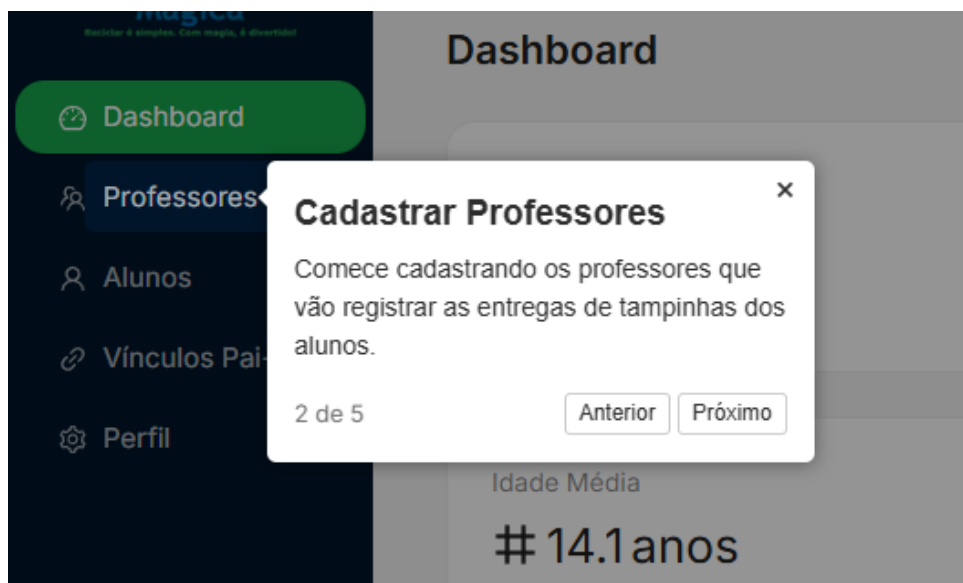


Figura 31 – Tour de apresentação na primeira utilização

Fonte: Do Autor.

4.2 Avaliação de usabilidade

Esta seção apresenta os resultados da avaliação de usabilidade realizada com o SUS, conforme o método descrito na Seção 3.8. A avaliação contou com sete respondentes, todos profissionais da educação, com familiaridade com tecnologia majoritariamente intermediária a alta, onde a maior parte deles avaliou sua própria familiaridade nos níveis 3 e 4 de uma escala de 1 a 5. Embora se trate de uma amostra reduzida e que não haviam utilizado a versão anterior do sistema, sua composição é coerente com o público-alvo da plataforma, o que confere relevância às percepções coletadas. A Tabela 9 apresenta, para cada item, a média das respostas (de 1 a 5) e a respectiva contribuição para a pontuação SUS (de 0 a 4), calculada conforme a Seção 3.8.

Tabela 9 – Resultados do questionário SUS por item

Item	Média (1–5)	Contribuição (0–4)
1	4,43	3,43
2	2,14	2,86
3	4,29	3,29
4	2,14	2,86
5	4,71	3,71
6	1,29	3,71
7	3,86	2,86
8	1,29	3,71
9	4,29	3,29
10	2,14	2,86
Soma das contribuições		32,57
Nota SUS final ($\times 2,5$)		81,4

Fonte: Do Autor. Valores médios arredondados.

A soma das contribuições médias resultou em 32,57 de um máximo de 40, o que, multiplicado por 2,5, conduz a uma **nota SUS média de 81,4**. Esse valor situa-se bem acima da

média de referência de 68 e enquadra-se na faixa superior da escala de interpretação adotada, correspondente a uma classificação “A”, considerada excelente (Bangor; Kortum; Miller, 2008). Assim, isso indica que os participantes perceberam o sistema como de uso fácil e satisfatório.

A análise por item evidencia os pontos fortes e as oportunidades de melhoria. As afirmações mais bem avaliadas foram as relativas à integração das funções (item 5), à ausência de inconsistências (item 6) e à percepção de que o sistema não é complicado de usar (item 8), todas com contribuição média de 3,71. Em contrapartida, as menores contribuições (2,86) concentraram-se nos itens 2, 4, 7 e 10, todos relacionados à curva de aprendizado inicial: a percepção de complexidade (item 2), a eventual necessidade de ajuda para começar (item 4), a expectativa quanto à rapidez com que outras pessoas aprenderiam (item 7) e a quantidade de coisas a aprender antes do uso (item 10). Os itens 4 e 10 compõem a subescala de aprendizagem (*learnability*) do SUS, o que reforça que o aspecto comparativamente mais frágil é o primeiro contato com o sistema, e não a sua operação cotidiana.

Os comentários abertos confirmaram essa leitura. As manifestações positivas destacaram a utilidade prática da plataforma — “[...] *será muito útil nas atividades com os alunos [...]; a forma de registrar ficou bem prática e muito útil*” —, enquanto as dificuldades relatadas referiram-se ao aprendizado inicial, com uma sugestão explícita de tutorial em vídeo (“*ensinar como usar esse site através de vídeo, pois fica melhor para entender o manuseio*”) e um relato de confusão momentânea com o fluxo de leitura do QR Code, resolvida assim que o procedimento foi compreendido. Um participante apontou, ainda, uma imperfeição visual na geração dos cartões em PDF, sem prejuízo ao funcionamento do sistema.

Em síntese, a avaliação indicou um nível de usabilidade elevado, com a principal oportunidade de melhoria concentrada no apoio ao primeiro uso, como um tutorial guiado ou em vídeo, e em pequenos ajustes estéticos pontuais. Cabe reiterar o caráter exploratório desta avaliação, dada a dimensão da amostra; uma validação em contexto operacional, com escolas utilizando a plataforma de forma contínua, permanece como possibilidade de trabalho futuro (Capítulo 5).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A EA e a EF figuram entre as competências mais relevantes para a formação cidadã desde a infância e, ainda assim, raramente são trabalhadas de forma integrada e prática no ambiente escolar. Foi nesse contexto que se inseriu este trabalho: a partir de um sistema legado simples, de operação manual, propôs-se o desenvolvimento de uma plataforma web capaz de articular esses dois eixos por meio de uma mecânica concreta, sendo a conversão da coleta de tampas plásticas em créditos atribuídos aos alunos.

O objetivo geral foi alcançado com o desenvolvimento da plataforma “Tampinha Mágica”, resultado de uma refatoração completa do sistema anterior. Os objetivos específicos também se concretizaram: os requisitos funcionais, não funcionais e as regras de negócio foram modelados (Seção 3.5.1); implementou-se uma arquitetura com quatro perfis de usuário (super-administração, escola, professor e responsável), com isolamento de dados entre as instituições; desenvolveu-se uma interface responsiva e adequada aos diferentes públicos; e o sistema foi validado por meio de uma avaliação de usabilidade. Ao longo do desenvolvimento, foram incorporados recursos como a identificação dos alunos por QR Code, a emissão de cartões para impressão, o acompanhamento pelos responsáveis e um conjunto de defesas de segurança alinhadas às boas práticas da área.

A avaliação de usabilidade, conduzida com o *System Usability Scale* junto a profissionais da educação, resultou em uma nota média de 81,4, classificada como excelente e situada bem acima da média de referência. Os participantes destacaram a utilidade prática da plataforma para o registro e o acompanhamento da coleta, e a análise dos itens apontou a curva de aprendizado inicial como o aspecto comparativamente mais frágil, percepção reforçada pela sugestão de um tutorial em vídeo nos comentários abertos.

Reconhecendo as limitações deste trabalho, a avaliação teve caráter exploratório, com uma amostra reduzida, e mediu a usabilidade percebida da interface, e não a eficácia pedagógica do sistema ou seus efeitos sobre o aprendizado dos alunos. Além disso, a validação ocorreu fora de um contexto operacional real, sem o uso contínuo da plataforma por escolas ao longo do tempo.

Essas limitações, somadas às oportunidades identificadas, geram sugestões para trabalhos futuros. Entre eles, destacam-se: a implementação de um módulo de loja interno, no qual os alunos resgatariam recompensas diretamente pelo sistema; o desenvolvimento de uma funcionalidade de previsão de coleta, apoiada em dados históricos; a inclusão de um tutorial em vídeo ou presencialmente acompanhado, abordando o ponto comparativamente mais frágil identificado na avaliação; e a realização de uma validação em contexto operacional, com escolas utilizando a plataforma de forma contínua, capaz de aferir seu impacto educacional e ambiental ao longo do tempo.

Por fim, este trabalho demonstrou a viabilidade de unir, em uma única solução tecnológica, a educação ambiental e a financeira, transformando um resíduo plástico comum em um recurso para o aprendizado. Mais do que um sistema funcional e pronto para operação, o

“Tampinha Mágica” constitui uma ferramenta com potencial para estimular, desde a infância, hábitos sustentáveis e financeiramente conscientes, contribuindo, ainda que em escala localizada, para a formação de cidadãos mais responsáveis com o meio ambiente e com as suas próprias escolhas.

REFERÊNCIAS

ABBASI, M. *et al.* Enhancing data warehouse efficiency through multi-tenancy. **Smart Innovation, Systems and Technologies**, v. 439, p. 281 – 298, 2025. Disponível em: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105008007992&doi=10.1007%2f978-981-96-3081-3_18&partnerID=40&md5=57626358513ae30d1a1f0ead5b581a7c.

ALAMIN, R. Y. *et al.* Adaptive game-based learning (agbl) model: Enhancing motivation and engagement through a financial literacy game prototype. **International Journal of Information and Education Technology**, v. 15, n. 7, p. 1334 – 1346, 2025. Cited by: 0; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105011191671&doi=10.18178%2fijiet.2025.15.7.2335&partnerID=40&md5=c4e78f3e4440059d34604833d816b8af>.

Ant Design Team. **Ant Design: A UI Design Language and React UI Library**, . 2026. <https://ant.design/docs/react/introduce>. Acesso em: 20 mai. 2026.

ARAGÓN, L.; BRENES-CUEVAS, C. A gamified teaching proposal using an escape box to explore marine plastic pollution. **Sustainability (Switzerland)**, v. 17, n. 16, 2025. Cited by: 0; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105014410273&doi=10.3390%2fsu17167528&partnerID=40&md5=e2e9d94643973757a0b39833d46a018>.

BANGOR, A.; KORTUM, P. T.; MILLER, J. T. An empirical evaluation of the system usability scale. **International Journal of Human–Computer Interaction**, v. 24, n. 6, p. 574–594, 2008.

BARRETO, E. **CNC: endividamento das famílias atinge novo recorde e chega a 80,4%**, . 2026. Matéria publicada em 7 abr. 2026, atualizada em 7 abr. 2026. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/cnc-endividamento-das-familias-atinge-novo-recorde-e-chega-a-80-4/>.

BEZERRA, T. *et al.* Jogos digitais e gamificação como recurso pedagógico no processo de ensino-aprendizagem. *In: . [S.l.: s.n.]*, 2026.

BHUIYA, S. *et al.* Ejwt: Enhancing jwt security through dynamic cryptographic lstm networks. *In: . 2026. Anais [...] [s.n.]*, 2026. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105036948387&doi=10.1109%2fICECTE69292.2026.11429432&partnerID=40&md5=f84cb6137dd24bb354db9785d516cbe8>.

BIDARRA, J. Jogos no ensino e na formação. *In: . [S.l.: s.n.]*, 2020. p. 134. ISBN 978-989-638-077-9.

BILIO, M. G. P.; GRECCO, L.; MARTINS, A. M. B. A educação ambiental nas últimas décadas: avanços ou retrocessos? **Humanidades & Inovação**, Editora Unitins v. 10, n. 10, p. 305–318, dez. 2023. ISSN 2358-8322. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadesinovacao/article/view/7121>.

BRADSHAW, S.; BRAZIL, E.; CHODOROW, K. **MongoDB: The Definitive Guide: Powerful and Scalable Data Storage**. [S.l.]: O'Reilly, 2019.

BRANCO, E.; ROYER, M.; BRANCO, A. A abordagem da educação ambiental nos pcns, nas dcns e na bncc. **Nuances: estudos sobre Educação**, v. 29, 12 2018.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), . 2018. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. Acesso em: 03 jun. 2026.

BRITO, J. *et al.* Using pbl to design a gamified application prototype: The case of waste picker's children financial education. *In: .* 11., 2021. **Anais [...]** [s.n.], 2021. p. 238 – 246. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85112843708&doi=10.5281%2fzenodo.5096386&partnerID=40&md5=77e360e23569b9b04df86a165b9e20b6>.

BROOKE, J. SUS: A 'quick and dirty' usability scale. *In: JORDAN, P. W. et al. (Ed.). Usability Evaluation in Industry.* London: Taylor & Francis 1996. p. 189–194.

BUTHELEZI, S. S.; TSHIBALO, A. E.; TSHIMBANA, T. P. Evaluating the implementation of environmental education and waste awareness in pinetown district schools, ethekweni municipality, south africa. **Discover Education**, v. 4, n. 1., 2025. Cited by: 0; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105013561729&doi=10.1007%2fs44217-025-00752-8&partnerID=40&md5=00de519d0dd9f35780c8aab6bfb40e52>.

COMINO, E. *et al.* Multifunctional green wall in primary school. an integrated approach between academics and local governance to improve educational environment. **Nature-Based Solutions**, v. 8,, 2025. Cited by: 0; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105009838448&doi=10.1016%2fj.nbsj.2025.100250&partnerID=40&md5=0406db0896b87120e1ad3cfca8840501>.

DAR, J. A.; NANDI, A.; RATHER, M. A. Gamification and educational technology synergy in higher education. **Discover Education**, v. 5, n. 1,, 2026. Cited by: 0; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105035438288&doi=10.1007%2fs44217-026-01285-4&partnerID=40&md5=86b7c091b359f015cb28dce3e1201ab8>.

DETERDING, S. *et al.* From game design elements to gamefulness: Defining gamification. *In: .* 11., 2011. **Anais [...]** [S.l.: s.n.], 2011. p. 9–15.

ESTIMA, A.; PEGUINHO, C. Using gamification to promote financial literacy and consumer education among future generations. *In: .* 2024. **Anais [...]** [s.n.], 2024. p. 825 – 830. Cited by: 1; All Open Access, Gold Open Access, Green Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85200751971&doi=10.4995%2fHEAd24.2024.17353&partnerID=40&md5=a75e0a19be47ff63b075a149265fd573>.

GALVÃO, A. *et al.* Impactos da falta de educação financeira em relação a qualidade de vida do brasileiro. **Revista ft**, „ p. 48–49, 10 2024.

GEE, J. What video games have to teach us about learning and literacy. **Computers in Entertainment**, v. 1,, p. 20, 10 2003.

HUSIN, A. *et al.* Environmental education in schools: sustainability and hope. **Discover Sustainability**, v. 6, n. 1,, 2025. Cited by: 9; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85217993971&doi=10.1007%2fs43621-025-00837-2&partnerID=40&md5=ff5a0516cd959e675757126d4c21f97e>.

JALILI, R. *et al.* Health financial resilience in individuals and households: a scoping review of components, strategies and outcomes. **BMC Public Health**, v. 25, n. 1,, 2025. Cited by: 0; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105015094413&doi=10.1186%2fs12889-025-24467-5&partnerID=40&md5=138cc62b82c306e92ca7c27603116218>.

JARAMILLO-MEDIAVILLA, L. *et al.* Impact of gamification on motivation and academic performance: A systematic review. **Education Sciences**, v. 14,, p. 639, 06 2024.

JONES, M. B.; BRADLEY, J.; SAKIMURA, N. **RFC 7519: JSON Web Token (JWT)**, . 2015. <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7519>. Acesso em: 03 jun. 2026.

KAPP, K. **The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education**. San Francisco, CA: Pfeiffer. [S.l.: s.n.], 2012. ISBN 9781118096345.

KICOVA, E. *et al.* When financial awareness meets reality: Financial literacy and gen z's entrepreneurship interest. **International Journal of Financial Studies**, v. 13, n. 3,, 2025. Cited by: 0; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105017021766&doi=10.3390%2fijfs13030171&partnerID=40&md5=b3215f9cb605ff0d48a4dd2cb741a652>.

MAHSUN *et al.* Enhancing environmental awareness: Evaluating the impact of project-based hybrid learning on critical thinking for high school students. **International Journal of Environmental Impacts**, v. 8, n. 1, p. 123 – 135, 2025. All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105000075408&doi=10.18280%2fije.080113&partnerID=40&md5=e7571b12e354f67733373877ce182c3a>.

MARCHESINI, R. *et al.* Educação ambiental e desenvolvimento sustentável: Interseção para a promoção de valores sustentáveis na educação básica. **Revista DCS**, v. 22,, p. e3537, 10 2025.

MARTINS, W. *et al.* Educação ambiental e seus impactos no meio ambiente. *In*: . 2025. **Anais [...]** [S.l.: s.n.], 2025.

MCCULLOUGH, M.; MARTIN, M.; SAJADY, M. Implementing green walls in schools. **Frontiers in Psychology**, v. 9,, 06 2018.

Microsoft Corporation. **TypeScript Documentation**, . 2026. <https://www.typescriptlang.org/docs/>. Acesso em: 20 mai. 2026.

MongoDB, Inc. **MongoDB Manual**, . 2026. <https://www.mongodb.com/docs/manual/>. Acesso em: 20 mai. 2026.

MUSTAFAOĞLU, F. M.; ALKAN, F. Prediction of middle school students' recycling behaviors with machine learning algorithms. **Science Education International**, v. 36, n. 2, p. 209 – 218, 2025. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105015698007&doi=10.33828%2fsei.v36.i2.8&partnerID=40&md5=9f5becd2830843c0a4d359b6e8374f89>.

NETTO, M. *et al.* A decade of ecological awareness on marine coastal ecosystems: University extension engaging basic education students in brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 219,, 2025. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105008504774&doi=10.1016%2fj.marpolbul.2025.118315&partnerID=40&md5=2a3d88109bfc320fc491e5517aac1098>.

NOVAES, M.; FREITAS, V. A gamificação como ferramenta pedagógica em jogos de tabuleiro. **Caderno Pedagógico**, v. 22,, p. e15761, 04 2025.

NYLAND, J. *et al.* Inovações pedagógicas estimulando o pensamento crítico dos alunos. **Revista Acadêmica Online**, v. 10,, p. e1166, 01 2024.

ORBÁN, B.; NextAuth.js Contributors. **NextAuth.js: Authentication for Next.js**, . 2026. <https://next-auth.js.org/>. Acesso em: 20 mai. 2026.

OWASP Foundation. **OWASP Top 10:2021 — The Ten Most Critical Web Application Security Risks**, . 2021. <https://owasp.org/Top10/>. Acesso em: 04 jun. 2026.

- PICKAL, A. *et al.* The winner takes it all – effects of leaderboard-based feedback on cognitive performance and motivation. **Learning and Individual Differences**, v. 126,, p. 102836, 02 2026.
- PINO-PERDOMO, F. M.; VELÁSQUEZ-MOSQUERA, A. F. Digital technologies in environmental education: Implications for teacher education and professional development. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 22, n. 1., 2026. Cited by: 0; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105026286480&doi=10.29333%2fejmste%2f17673&partnerID=40&md5=679f4120c87a4e9ed379215ef66eb3d1>.
- PROVOS, N.; MAZIÈRES, D. A future-adaptable password scheme. *In: PROCEEDINGS OF THE USENIX ANNUAL TECHNICAL CONFERENCE, FREENIX TRACK*. 1999, Monterey, CA, USA. **Anais [...]** Monterey, CA, USA: [s.n.], 1999. p. 81–91.
- REISDORFER, R. *et al.* Analysis of factors influencing the financial education of brazilian school students. **IOSR Journal of Business and Management**, v. 26,, p. 46–52, 02 2024.
- RODRIGUEZ-RAGA, S.; MARTINEZ-CAMELO, N. Game, guide or website for financial education improvement: Evidence from an experiment in colombian schools. **Journal of Behavioral and Experimental Finance**, v. 33,, p. 100606, 2022. ISSN 2214-6350. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214635021001507>.
- ROSA, L.; SERRA, R. A relação entre o uso de jogos digitais online e sintomas de ansiedade em crianças e adolescentes. **Contextos Clínicos**, v. 13,, p. 807–827, 03 2021.
- SCHIMMELPFENG, P. O impacto do uso de jogos eletrônicos no processo de aprendizagem e desenvolvimento de estudantes do ensino básico. *In: . [S.l.: s.n.]*, 2025. ISBN 10.48209/978-65-5417-497-8.
- SCHIO, A.; ANDREIS, G. Educação financeira e sua possível relação com a inadimplência nacional. **REMATEC**, v. 20,, p. e20232025, 12 2025.
- SCHNEIDER, C.; BACCHI, P.; MALDONADO, I. Jogos e educação financeira no ensino médio: Experiências de ensino e aprendizagem em juros simples. **CONTRAPONTO: Discussões científicas e pedagógicas em Ciências, Matemática e Educação**, v. 7,, p. 98–107, 01 2026.
- SHAN, L. H.; CHEAH, K. S. L.; LEONG, S. Leading generation z's financial literacy through financial education: Contemporary bibliometric and content analysis in china. **SAGE Open**, v. 13, n. 3,, 2023. Cited by: 7; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85169320229&doi=10.1177%2f21582440231188308&partnerID=40&md5=e6dbdfc62717d88697f393c5bc7c8ef2>.
- SHEN, X. *et al.* A 29-year (1994–2023) bibliometrics analysis of usage of the gamification in history education. **European Journal of Education**, v. 60, n. 4,, 2025. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105016830901&doi=10.1111%2fejed.70256&partnerID=40&md5=b113ea123265d8a19ec90fb3703ad346>.
- SILVA, A.; CARVALHO, Y.; ANDRADE, J. Uso de jogos no controle de ansiedade em crianças e adolescentes: uma revisão integrativa. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, „ p. 42–63, 12 2022.
- SILVA, R. C. R. da; BECKER, K. L.; VIEIRA, K. M. The impact of board games on the financial literacy of public-school students. **Journal of Behavioral and Experimental Economics**, v. 114,, p. 102331, 2025. ISSN 2214-8043. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221480432400168X>.

SIMÃO, C.; JARDIM, M. I. de A. Aprendizagem gamificada no ensino fundamental e médio: uma revisão sistemática da literatura. **Caderno Pedagógico**, v. 21,, p. e4027, 04 2024.

SIPONE, S. *et al.* Gamification and player type: Relationships of the hexad model with the learning experience. **Journal of New Approaches in Educational Research**, v. 14, n. 1,, 2025. Cited by: 0; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85214217196&doi=10.1007%2fs44322-024-00021-w&partnerID=40&md5=08dcd925fac2c7ef4356ffff1257d5a6>.

SOARES, G. *et al.* Jogos e gincanas no contexto educacional: Ferramentas Lúdicas para o ensino e aprendizado. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 12,, 11 2024.

SYAWALUDDIN, A.; AENI, N. Play and learn: digital traditional games for vocabulary mastery in young learners. **Discover Education**, v. 4, n. 1,, 2025. Cited by: 0; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105004075435&doi=10.1007%2fs44217-025-00485-8&partnerID=40&md5=c294baf364e7fa148dcc55e774da97f7>.

TOLOMEI, B. A gamificação como estratégia de engajamento e motivação na educação. **EaD em Foco**, v. 7,, 09 2017.

TOMAZZETTI, C. M.; COSTA, G. d. S. A concepção de criança na metodologia pedagógica de maria montessori: uma educação para a vida. **Cadernos da Pedagogia**, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) v. 17, n. 39,, 2023. ISSN 1982-4440. Disponível em: <https://www.cadernosdapedagogia.ufscar.br/index.php/cp/article/view/1954>.

TSAL, S.-K.; CHUANG, T.-Y.; LIN, Z.-J. Enhancing environmental literacy through digital game-based learning: A technology-integrated attitude change approach. **Sustainability**, v. 17, n. 16,, 2025. ISSN 2071-1050. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/16/7416>.

Vercel, Inc. **Next.js Documentation**, . 2026. <https://nextjs.org/docs>. Acesso em: 19 mai. 2026.

ÁSVÁNYI, K.; GEDEON, E. Enhancing sustainability consciousness in higher education: Short- and long-term impacts of a project-based learning approach. **International Journal of Management Education**, v. 23, n. 3,, 2025. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105009611828&doi=10.1016%2fj.ijme.2025.101235&partnerID=40&md5=3233c078ce9a2fdf266897e7f37833f0>.