

## Brasal: Um jogo que explora a Preservação Ambiental e Combate às Queimadas dos Biomas Brasileiros

*Brasal: A game that explores the Environmental Preservation and Combat to Wildfires in Brazilian Biomes*

Ícaro Adriel Brito Pires<sup>1</sup>, Victor Catharino da Silva Cordeiro<sup>1</sup>, Beatriz Souza Nascimento<sup>1</sup>, Sidney Bruno Andrade Barros<sup>1</sup>, Marcio Luis Valença Araújo<sup>1</sup> e Eduardo Souto Maior Sales<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)  
R. São Cristóvão, s/n - Novo Horizonte, Lauro de Freitas - BA, 42700-000 – Brasil

icaroad99@gmail.com, victorcatharino17@gmail.com,  
beatz.nasc@gmail.com, sbab.cdn@gmail.com, marcioaraujo@ifba.edu.br e  
eduardo.sales@ifba.edu.br

**Abstract. Introduction:** This article presents the development of *Brasal*, an educational game that addresses the combat and prevention of wildfires in Brazilian biomes, aligned with the National Policy for Integrated Fire Management and the Sustainable Development Goals. **Objective:** To contribute to environmental education by raising awareness among children and pre-adolescents, in a playful and enjoyable way, assuming the role of firefighters, preventing and combating wildfires. **Methodology:** The methodological approach involves a literature review on the subject and follows the procedural stages of prototyping and agile development of digital games. **Results:** The outcome demonstrates the feasibility of integrating complex content into playful mechanics, with potential for use in educational settings, making them appealing to young audiences.

**Keywords:** Brazilian Biomes, Environment Education, Game Design, Serious Games, Wildfires.

**Resumo. Introdução:** Este artigo apresenta o desenvolvimento do *Brasal*, um jogo educacional que aborda o combate e a prevenção de queimadas nos biomas brasileiros, alinhado à Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Objetivo:** Contribuir com a educação ambiental, visando conscientizar crianças e pré-adolescentes, de forma lúdica e divertida, no papel de brigadistas, prevenindo e combatendo queimadas. **Metodologia:** A abordagem metodológica transita por meio da revisão bibliográfica sobre a temática e segue as etapas processuais de prototipação e desenvolvimento ágeis de jogos digitais. **Resultados:** Tem como resultado uma demonstração da viabilidade de integrar conteúdos complexos em mecânicas lúdicas, com potencial para uso em ambientes educacionais, de modo a torná-los aprazíveis ao público jovem.

**Palavras-chave:** Biomas Brasileiros, Design de jogos, Educação Ambiental, Jogos Sérios, Queimadas.

## 1. Introdução

No ano de 2024, o Brasil registrou mais de 30,8 milhões de hectares devastados pelo fogo, com um aumento de 79% em relação ao período anterior [Félix 2025]. Biomas como Amazônia, Cerrado, Pantanal e Mata Atlântica tiveram um aumento de mais de 60% de área queimada, quando comparado a anos anteriores. Diante dessa situação, e com base na Lei 9.795/99 [Brasil 1999] da inclusão da educação ambiental nos currículos de educação básica nas escolas [Haje 2025], surgiu a ideia de um projeto com experiência gamificada capaz de auxiliar a integração do tema dentro do ambiente educacional.

Este artigo apresenta e discute o resultado do desenvolvimento de um jogo educacional cujo objetivo foi ser uma ferramenta capaz de contribuir com a formação ambiental de crianças e pré-adolescentes, abordando as principais causas de queimadas em cada bioma brasileiro, e a importância do trabalho das brigadas no combate e prevenção dentro desse contexto, além de chamar a atenção sobre a relevância da tecnologia no combate ao fogo.

A metodologia adotada neste trabalho combinou pesquisa bibliográfica e desenvolvimento de software para a criação do jogo Brasal. Realizou-se uma revisão sistemática de dados estatísticos sobre queimadas nos biomas brasileiros, com ênfase nos registros de 2024 disponibilizados pelo Painel do Fogo [CENSIPAM 2024], bem como em estudos acadêmicos e políticas públicas, como a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo [Brasil 2024].

O processo de desenvolvimento seguiu as etapas padrão da indústria de *games*, que incluem: pré-produção (definição de escopo, público-alvo, estilo artístico e mecânicas de jogo), prototipação (validação das mecânicas centrais), produção (desenvolvimento das fases, personagens, *cutscenes* e sistemas de progressão) e pós-produção (testes e refinamento). Esta abordagem metodológica permitiu alinhar os fundamentos teóricos da educação ambiental com as práticas de *design* de jogos sérios, seguindo os princípios de Deguirmendjian (2016): propósito (conscientização sobre queimadas), conteúdo (dados científicos e políticas públicas) e desenho (jogabilidade imersiva e acessível). Dessa forma, o jogo não apenas expressa conceitos, mas também engaja o jogador por meio da experimentação e da repetição estratégica, reforçando o aprendizado de forma lúdica.

A seção 2 traz a fundamentação teórica que embasa a pesquisa; os trabalhos relacionados com a proposta apresentada são discutidos na seção 3; a seção 4 expõe a metodologia utilizada no processo de desenvolvimento do jogo; os resultados alcançados e discussão são abordados na seção 5; por fim, na seção 6, as considerações finais deste trabalho.

## 2. Fundamentação Teórica

O referencial teórico deste trabalho se dá pela revisão bibliográfica da Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo, a revisão bibliográfica de trabalhos sobre as queimadas, seus efeitos nos biomas brasileiros e as formas de combatê-las, e por fim, a revisão bibliográfica a respeito de jogos sérios. Esses estudos foram fundamentais para o embasamento teórico do jogo.

### 2.1. Prevenção e Combate de Incêndios Florestais

A Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo (2024) estabelece normas para prevenção e combate a incêndios florestais, incluindo diretrizes para brigadas. Embora essenciais, tais políticas enfrentam desafios de implementação. Fonseca-Morello et al. (2017) apontam obstáculos como orçamento insuficiente, acesso limitado à assistência técnica e recursos inadequados, comprometendo sua eficácia.

Em 2024, observou-se uma intensificação das queimadas nos biomas brasileiros, com 11,39 milhões de hectares consumidos pelo fogo [Munhoz e Antun 2024]. Alencar et al. (2024) destacam que o aumento foi especialmente crítico em Terras Indígenas e Unidades de Conservação, reforçando a necessidade de políticas mais eficientes. Os autores criticam ainda a abordagem atual de regulamentação, cujos custos administrativos limitam sua sustentabilidade.

## **2.2. Educação Ambiental**

A Lei 9.795/99 estabelece a educação ambiental como componente essencial e permanente da educação nacional, devendo ser promovida em todos os níveis de ensino, visando à formação de valores e atitudes voltadas à prevenção e solução de problemas ambientais. Embora prevista na legislação, sua aplicação ainda enfrenta desafios, sobretudo nas instituições públicas. O trabalho de Marques et al. (2022) analisa a percepção ambiental de alunos das redes pública e privada, observando menor interesse e preocupação entre os estudantes da rede pública — mais de 60% relataram nunca ter participado de uma atividade relacionada ao meio ambiente.

Na visão de Serra et al. (2024), a educação ambiental deve ser contextualizada com o meio natural dos estudantes, utilizando atividades que tratam do conteúdo trabalhado em aula para desenvolver atitudes cotidianas de respeito, preservação e sustentabilidade:

Para que a sociedade tenha um meio ambiente equilibrado ecologicamente, é indispensável incentivar os estudantes a desenvolverem o entendimento da importância da sustentabilidade, a fim de usufruir de uma vida com qualidade. Os espaços educativos precisam oferecer aprendizagens que estejam relacionadas com a vida, com respeito à diversidade ambiental, promovendo aos alunos experiências, de pertencer e ter responsabilidade de cuidado do universo. [Serra et al. 2024]

Levando em conta a carência da educação ambiental observada em instituições de ensino públicas e seguindo os princípios de Serra et al., este trabalho busca construir um jogo que possa auxiliar no processo de educação ambiental, criando um espaço educativo que seja divertido para estudantes e promovendo o entendimento acerca da importância da sustentabilidade.

## **2.3. Jogos Sérios**

A respeito dos jogos sérios, eles foram estudados com o intuito de proporcionar uma experiência autêntica que seja capaz de auxiliar o aprendizado do usuário, tendo em mente o público-alvo infanto-juvenil do jogo. De acordo com Machado et al. (2016), os jogos sérios têm o poder de auxiliar o aprendizado a partir de seus aspectos lúdicos, motivando o jogador e estimulando o conhecimento. Conforme Compto (2023), os jogos podem despertar o interesse dos estudantes, engajando-os no processo de aprendizagem. Segundo Mattar (2013; 2017), os jogos digitais possibilitam o aprendizado por meio da experimentação, tentativas e erros.

Para Deguirmendjian (2016), os jogos sérios devem ser pautados em três elementos: propósito, conteúdo e desenho:

O propósito diz respeito ao que se quer desenvolver com o jogo, ou seja, se é uma técnica, um comportamento, uma habilidade, etc. O conteúdo é o suporte de informações e conhecimentos que será usado para alcançar o propósito, pode ser uma base de dados ou um processo de aplicação, visando estabelecer um meio de se chegar ao propósito. Já o desenho é como o propósito será atingido e o conteúdo exposto, o desenho está muito ligado a modelos e simulações [...] [Deguirmendjian 2016]

Tendo em mente o referencial destes autores, é notável a importância da experimentação e da tentativa e erro durante o aprendizado. Estes princípios foram aplicados na construção do jogo, que incentiva a jogabilidade, de forma que o jogador possa melhorar seu desempenho a partir de experiências repetidas. À medida que o jogador se familiariza com o jogo, seus conhecimentos sobre as mecânicas aumentam com suas próprias experiências, aproximando-o do propósito criado pelo jogo.

### 3. Trabalhos Relacionados

Esta seção foi dedicada à análise de três jogos com uma temática semelhante a deste trabalho, para destacar o que já foi explorado sobre o tema e determinar o que ainda falta ser discutido.

O primeiro jogo a ser observado é *Fire Prevention* [Bernardo 2021], um jogo sério desenvolvido na *Unity Engine* para dispositivos móveis. Ele busca promover atitudes que possam prevenir incêndios florestais. O jogo se passa em um parque de campismo que deve ser explorado pelo jogador, que deve identificar situações que apresentam risco de fogo e agir de forma adequada, realizando ações que previnam o incêndio. O jogo conta com diversos desafios que ensinam, na prática, como prevenir incêndios. *Fire Prevention* traz uma estética agradável, propondo desafios que capacitam o jogador de forma prática, passando conhecimentos que podem ser aplicados de forma relevante na vida real, promovendo a segurança e a sustentabilidade. Em contrapartida, o jogo não aborda o combate direto ao incêndio, limitando-se apenas à sua prevenção. O *gameplay* ocorre em um único cenário, dispensando a presença de múltiplos biomas.

*Smokey's Scouts* [CCAD 2021] traz uma temática semelhante, sendo um jogo de combinação de peças, visando aumentar a segurança em relação a incêndios florestais. Passa o conhecimento sobre riscos de incêndio para o público alvo, composto de crianças e adolescentes. Durante a *gameplay*, o jogador deve combinar objetos que apresentam risco de incêndio para tirá-los do caminho. O jogo conta com diversas missões, onde os jogadores podem receber certos emblemas, dependendo do seu desempenho. O elenco de personagens é composto por animais antropomórficos que dialogam com o jogador e dão dicas de prevenção de incêndio. Os cenários do jogo são baseados em florestas e parques reais que podem ser reconhecidos por jogadores, aumentando a imersão. Assim como o exemplo anterior, *Smokey's Scouts* foca na prevenção de incêndios e não aborda o combate direto.

Por fim, *Bushfire* [Cubehamster 2020] é um jogo beneficente dedicado a bombeiros e voluntários que ajudaram a resgatar animais selvagens afetados por incêndios florestais na Austrália, buscando promover a conscientização acerca do tema. O jogo possui um estilo retrô com gráficos pixelados e jogabilidade simples de plataforma

2D. O jogador é equipado com uma bomba costal que deve ser usada para combater o fogo e auxiliar na sua locomoção. Durante o jogo, é necessário resgatar um coala e levá-lo até o final da fase. O jogo é relativamente curto, contendo uma única fase que pode ser completada em cerca de cinco minutos. Dos três trabalhos relacionados explicados nesta seção, este é o que mais se assemelha ao jogo Brasal em termos de abordagem do tema, contando com resgate de animais e combate direto ao fogo.

#### 4. Metodologia

O desenvolvimento de Brasal surge da necessidade de se produzir um jogo que contemplasse o tema Meio Ambiente, Sustentabilidade e Inovação. Este trabalho é fundamentado no recorte de combate e prevenção a queimadas, escolhido devido aos altos índices de queimadas que ocorreram no país no ano de 2024 coletados do banco de informações do painel do fogo disponibilizado pelo governo [CENSIPAM 2024]. Com essa referência, a abordagem discute as principais razões dos incêndios em cada bioma brasileiro, indo desde causas naturais a incêndios criminosos.

Durante a pré-produção do jogo, se definiu a metodologia que seria utilizada, a elaboração do roteiro, que parte dos dados do painel do fogo, assim como as mecânicas e a parte gráfica da arte do jogo, construído dentro do motor de jogos Unity, conhecido pela criação de jogos 2D e 3D, tendo como escolha o 3D. Desta forma os modelos foram desenvolvidos utilizando o programa de modelagem e animação 3D Blender. A direção gráfica do jogo está ligada com esta escolha, utilizando de modelos 3D com baixa quantidade de polígonos para transmitir a estética desejada, sem demandar alto poder de processamento. A maioria dos objetos de interface foram criados em 2D, pois permite maior liberdade criativa e além de se manter em linha com o tempo estabelecido para o projeto.

O processo de concepção e prototipação se dá início pela etapa de elicitação, especificação e detalhamento dos requisitos do jogo com a elaboração do *Game Design Document* (GDD). O GDD norteou todo o processo de desenvolvimento do jogo, a partir do detalhamento de todos os elementos essenciais para sua construção, como: (i) narrativa e enredo; (ii) *Game Flow*; (iii) *Gameplay* e Mecânicas; (iv) Cenários, Personagens e NPC's; (v) Níveis; (vi) *Game Art*; (vii) Interface; (viii) Inteligência Artificial e Banco de Dados. Com o início da etapa de produção, toda a parte gráfica do jogo foi integrada ao projeto, seguida pela implementação das *cutscenes* — interligadas por sistemas como o banco de dados, grande responsável pela estruturação do jogo — e, posteriormente, pela inclusão de efeitos sonoros e trilha musical. Na fase de pós-produção, o foco direcionou-se aos testes e refinamento de detalhes, assegurando a qualidade e a coesão da experiência final oferecida ao jogador.

Para o êxito deste trabalho, houve o estudo das ferramentas e métodos para prevenção e combate ao fogo, da geografia dos estados brasileiros e do funcionamento de uma brigada de incêndio, buscados em trabalhos acadêmicos, artigos, sites governamentais e leis, aqui selecionados, além do conhecimento prévio de programação e arte. Assim, se utilizou conceitos e ideias de diversas fontes, ditas neste artigo, que se alinham com a proposta para a criação do jogo, como, por exemplo, a definição de *Game Design* de Higuchi e Nakano (2017). Essa abordagem possibilitou que o projeto tivesse embasamento científico, sem fugir da proposta casual e lúdica.

## 5. Resultados e discussão

Alinhado ao ODS 12 [IBGE 2025] e às temáticas de Meio Ambiente, Sustentabilidade e Inovação, nasce o Brasal – um jogo digital que trata do combate às queimadas e preservação de biomas mediante uma abordagem lúdico-educativa. Como destaca Abreu (2013), jogos oferecem oportunidades únicas de aprendizagem, e o Brasal traduz a responsabilidade ambiental em experiência concreta, estimulando habilidades cognitivas, motoras e afetivas [Diniz 2024] para seu público-alvo (8-14 anos).

Diferente de jogos puramente recreativos, o desafio foi equilibrar educação e diversão sem cair no didatismo excessivo. A solução se deu por meio de mecânicas interativas que transformam a seriedade do tema em ação – não só ensinando sobre prevenção de queimadas, mas tornando o jogador agente ativo da proteção ambiental. Como comandante de uma brigada especial, o jogador enfrenta incêndios agravados por secas e degradação, enquanto discute causas (naturais ou criminosas) e reflete sobre impactos climáticos e desmatamento ilegal em cada fase.

### 5.1. Game Design

Higuchi e Nakano (2017) definem *game design* como a arte de projetar jogos, estabelecendo regras, objetivos, personagens e todos os elementos que os compõem. No jogo, o jogador assume o papel de brigadista, utilizando equipamentos reais de combate a incêndios florestais - como a bomba costal anti-incêndio, que permite dispersar água diretamente sob as chamas.

Para aliar sustentabilidade e inovação, o jogo incorpora mecânicas inspiradas em tecnologias reais. O satélite, por exemplo, reflete o uso de geotecnologias no monitoramento de focos de incêndio [CBMMS 2024], funcionando no jogo como um item que revela a localização do próximo incêndio. Já o *superdrone* — equipamento capaz de atingir áreas inacessíveis — foi desenvolvido com técnicas de IA, especificamente com os conceitos de Máquinas de Estado Finito [Malfatti 2006], mesclando drones experimentais da vida real com uma abordagem lúdica (tamanho e força ampliados).

A progressão do jogo gira em torno da taxa de preservação do bioma, vinculando o avanço do jogador à minimização de danos ambientais. A estrutura é não linear: o jogador pode escolher a ordem das fases e jogá-las novamente para cumprir objetivos opcionais, como resgatar animais ou preservar ainda mais da vegetação — ações recompensadas com medalhas que, quando coletadas, desbloqueiam um final alternativo. Essa abordagem incentiva a exploração e o aprimoramento de estratégias, reforçando o ciclo de *gameplay*, além de tudo, gerando satisfação pelo trabalho ambiental bem executado.

### 5.2. Requisitos Técnicos

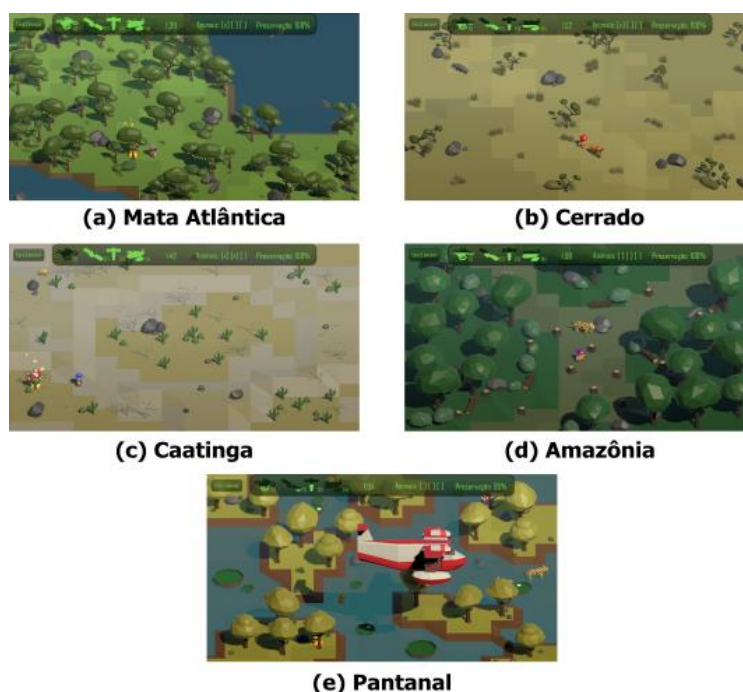
O jogo implementa um sistema de salvamento que preserva o progresso do jogador entre sessões, utilizando um banco de dados SQL local para armazenar as informações. Esse sistema permite pausar e retomar o jogo em qualquer intervalo entre fases, atualizando automaticamente os dados quando o jogador retorna ao *Hub* - a tela de seleção representada por um mapa interativo do Brasil, onde cada bioma corresponde a uma fase. Além de guardar as medalhas conquistadas, o sistema possibilita reassistir *cutscenes* e ambos os finais já desbloqueados.

O drone inteligente emprega recursos de IA com três estados comportamentais distintos: permanece inativo (*idle*) quando não há incêndios próximos, ativa-se ao detectar fogo nas imediações e executa a ação de apagar quando engajado. Essa lógica foi implementada através de Máquinas de Estado Finito. Para movimentação de personagens e animais, o jogo utiliza o sistema *NavMesh* da Unity [Brewer 2019], que permite navegação inteligente com desvio de obstáculos. Os personagens controlados pelo jogador se movem para o ponto clicado no cenário, enquanto os animais se deslocam aleatoriamente pela área até serem resgatados, quando então passam a buscar a saída mais próxima.

### 5.3. Fases

O jogo contempla cinco dos seis biomas brasileiros, enfatizando aqueles com maior incidência de queimadas em 2024 [Prizibiszki 2024]. Destaque especial para a Amazônia, que registrou 38.266 focos apenas em agosto – o maior número mensal desde 2010 [WWF 2024]. Os biomas selecionados (Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Amazônia e Pantanal), representados na Figura 1, foram implementados buscando não apenas fidelidade visual, mas também incorporando elementos que impactam diretamente na jogabilidade.

A Caatinga (Figura 1c) exemplifica essa abordagem: seu clima árido e temperaturas elevadas, que aceleram a propagação do fogo na realidade, foram traduzidos em mecânicas de jogo que exigem agilidade e planejamento estratégico do jogador, com chamas que se alastram mais rapidamente.



**Figura 1. Biomas com as fases do jogo.**  
**Fonte: Autores, 2024.**

No caso do Pantanal (Figura 1e), embora os incêndios ocorram principalmente na seca, optou-se por retratar suas famosas planícies alagadas, criando um desafio único: a água reduz a velocidade de movimentação do personagem. Essas escolhas de design,

como mostra a Figura 1, reforçam a identidade de cada fase, promovendo variações mecânicas que enriquecem a experiência do jogador, buscando simular tanto as características dos biomas quanto os impactos reais das queimadas.

#### 5.4. Narrativa e Personagens

O jogo apresenta cinco personagens com design e personalidades distintas, criados para entreter e reforçar a temática ambiental, além de promover identificação com o público-alvo. Suas características são evidenciadas nos diálogos, que também servem para explicar suas funções na brigada. Roxo (Figura 2), por exemplo, é a engenheira do grupo, responsável pelos dispositivos inovadores - seu nome, como os demais, refere-se à cor de seu capacete.

Embora a narrativa pudesse funcionar com um único protagonista e narrador, a escolha por uma brigada busca transmitir a importância do trabalho coletivo. Essa decisão reforça que as brigadas de incêndio – grupos especializados na prevenção e combate a incêndios em áreas de risco – dependem de organização e cooperação para uma atuação eficaz.



**Figura 2. Personagens jogáveis, referenciados pelas cores de seus capacetes.**

**Fonte: Autores, 2024.**

Cada fase inicia com uma *cutscene* (Figura 3) que apresenta as características e importância do bioma, explicando a dinâmica de propagação de incêndios naquele ambiente. Ao término, uma nova *cutscene* complementa as informações, mostrando ações preventivas reais e as consequências dos incêndios no ecossistema. Na Mata Atlântica, destaca-se especialmente o risco para áreas urbanas próximas quando o fogo não é contido rapidamente [SOS Mata Atlântica 2024]. O fechamento de cada fase mostra tanto a atuação dos brigadistas quanto orientações práticas para o jogador, incluindo referências a ONGs e iniciativas de conservação relevantes.





**Figura 3. Cutscene de introdução a Mata Atlântica.**

**Fonte: Autores, 2024.**

As diferentes fases abordam desafios específicos de cada bioma: no Cerrado, os personagens alertam sobre os impactos da devastação no agronegócio; na Amazônia, Roxo destaca a relação entre queimadas e exploração madeireira ilegal; no Pantanal, Amarelo e Cinza discutem como a seca agrava incêndios de origem humana; enquanto na Caatinga, Azul aborda o aumento das queimadas naturais pelo aquecimento global. Essas situações reforçam a importância da preservação frente a ameaças diversas, demonstrando na prática como o manejo integrado do fogo - combinando ciência, práticas sustentáveis e ação das brigadas - pode mitigar danos ambientais e econômicos, em consonância com as políticas públicas.

As *cutscenes* trazem informações sobre cenários de incêndios criminosos, focando na indústria da agropecuária que usam de incêndios para abrir espaço para pasto e agricultura, como explicado pelo presidente do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), Rodrigo Agostinho:

“É muito essa lógica: eu vou acabar com a floresta. Não preciso desmatar. Porque o desmatamento é caro. O fogo é muito mais barato, só comprar gasolina e sair espalhando”, o que justifica incêndios tão intensos apesar da diminuição do desmatamento da Amazônia. O fogo é o meio mais eficiente para os ruralistas escaparem à fiscalização do Ibama. [...] [APIB 2024]

Os diálogos também destacam como as emissões de carbono das queimadas intensificam o aquecimento global, equilibrando a discussão entre causas criminosas e naturais dos incêndios, sempre as relacionando com a influência humana nos ecossistemas.

Em síntese, Brasal enfrentou o desafio de tratar a preservação ambiental e o combate às queimadas de forma simultaneamente educativa e lúdica para o público jovem. Utilizando mecânicas interativas e representações autênticas dos biomas, o jogo consegue conscientizar sobre causas e consequências dos incêndios enquanto simula estratégias reais de prevenção e combate, alinhadas ao Manejo Integrado do Fogo. Ao assumir o papel de brigadista, o jogador vivencia uma experiência dinâmica que transforma conceitos complexos em aprendizado orgânico, comprovando o potencial dos jogos como ferramentas educacionais que incentivam a reflexão e ação ambiental.

## 6. Considerações finais

Este artigo discutiu o desenvolvimento de Brasal, um jogo educacional que aborda o combate a queimadas e a preservação ambiental, alinhado ao ODS 12 e à Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo. Apesar da crescente devastação de biomas brasileiros – como evidenciado pelos dados recentes de queimadas – e da obrigatoriedade da educação ambiental (Lei 9.795/99), ainda há uma lacuna na integração efetiva desse tema, especialmente em escolas públicas [Marques et al. 2022].

Diante disso, Brasal foi concebido para preencher esta lacuna por meio da combinação entre mecânicas que simulam equipamentos reais de combate a incêndios, uma narrativa contextualizada sobre os biomas brasileiros e um sistema de progressão que recompensa a preservação ambiental. Os resultados mostraram que a abordagem gamificada foi eficaz em traduzir conceitos complexos em uma experiência tangível e reflexiva, sem sacrificar a diversão e o engajamento.

A análise do processo de desenvolvimento e dos elementos implementados em Brasal sugere que a gamificação, quando ancorada em dados reais e contextos ambientais específicos, pode ir além da simples transmissão de informação, favorecendo a construção ativa de significado por parte do jogador. O uso de mecânicas associadas à preservação, somado a variações entre os biomas e à presença de personagens com diferentes visões e conhecimentos, favoreceu uma experiência rica em conteúdo sem tornar a jogabilidade expositiva ou desmotivadora. Esses resultados reforçam a eficácia do design centrado no engajamento e na agência do jogador como caminho promissor para abordar temas socioambientais de forma crítica, acessível e significativa.

No entanto, o projeto apresenta algumas limitações que apontam para direções futuras. Atualmente disponível apenas para PC, uma versão *mobile* do jogo facilitaria significativamente o acesso ao conteúdo educacional. Outras melhorias incluem a adição de outros biomas como a Pampa, além de testes com o público-alvo para avaliar o impacto na aprendizagem. Estas adaptações potencializam o alcance e a eficácia do jogo como ferramenta educativa.

Brasal demonstra como os jogos digitais podem transformar desafios ambientais em experiências interativas e educativas. Seu modelo apresenta potencial para ser aplicado a outros temas de sustentabilidade, contribuindo para a formação de uma geração mais consciente e participativa na preservação ambiental.

## Referências

- Agro é fogo: o negócio por trás das queimadas e a instituição do marco temporal (2024). <https://apiboficial.org/2024/09/06/agro-e-fogo-o-negocio-por-tras-das-queimadas-e-a-instituicao-do-marco-temporal/>.
- Alencar, A., Arruda, V., Martenexen, F., et al. (2024). Fogo no Brasil em 2024: o retrato fundiário da área queimada nos biomas. Nota técnica. <https://ipam.org.br/bibliotecas/fogo-no-brasil-em--2024-o-retrato-fundiario-da-area-queimada-nos-biomas/>.
- Bernardo, A. C. F. (2021). Jogo Sériô para Prevenção de Fogos Florestais. Universidade Beira Interior.
- Brasil (1999). Política Nacional de Educação Ambiental. 27 abr. 1999.

- Brasil (2024). Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo. 31 jul. 2024.
- Brewer, D. (2019). Tactical Pathfinding on a NavMesh. *Game AI Pro 360*. CRC Press. p. 25–32.
- CBMMS é referência no uso de Geotecnologias no combate aos incêndios florestais (2024). <https://www.bombeiros.ms.gov.br/cbmms-e-referencia-no-uso-de-geotecnologias-no-combate-aos-incendios-florestais>.
- CCAD - Columbus College of Art & Design (2023). Smokey's Scouts.
- CENSIPAM - Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (2024). Panorama - Mapas Interativos. <https://panorama.sipam.gov.br/painel-do-fogo/>.
- Compto, G. (2023). Aprendizagem Baseada em Jogos Digitais. *Serious Games: do lúdico à educação*. Ponta Grossa - PR: Athena. p. 20–34.
- Cubehamster (2020). Bushfire.
- De Abreu, P. L. (2013). O lúdico na educação infantil como facilitador de aprendizagem. Universidade de Brasília.
- Deguirmdjian, S. C., De Miranda, F. M. e Zem-Mascarenhas, S. H. (2016). Serious Game desenvolvidos na Saúde: Revisão Integrativa da Literatura. *Journal of Health Informatics*, p. 110–116.
- Diniz, A. C., Gomes, F. P., Moreno, D. A. e De Araujo, G. C. (2024). Terraverde: um jogo para conscientização ambiental. In *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames 2024)*. Sociedade Brasileira de Computação.
- Felix, T. (2025). Brasil registra crescimento de quase 80% nas áreas queimadas, diz estudo. <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/brasil-registra-crescimento-de-quase-80-nas-areas-queimadas-diz-estudo/>.
- Fonseca-Morello, T., Ramos, R., Steil, L., et al. (2017). Fires in Brazilian Amazon: Why does policy have a limited impact? *Ambiente & sociedade*, v. 20, n. 4, p. 19–38.
- Haje, L. (2025). Projeto cria nova lei sobre educação ambiental nas escolas. Fonte: Agência Câmara de Notícias. Portal da Câmara dos Deputados. <https://www.camara.leg.br/noticias/1141175-projeto-cria-nova-lei-sobre-educacao-ambiental-nas-escolas/>.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística ([S.d.]). Indicadores dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - Brasil. <https://odsbrasil.gov.br/>.
- Machado, L. S., Valença, A. M. G. e Moraes, A. M. (2016). Um Serious Game para Educação Sobre Saúde Bucal em Bebês. *Tempus Actas de Saúde Coletiva*, v. 10, n. 2, p. 167–186.
- Malfatti, S. M. e Fraga, L. M. Utilizando Behaviors Para o Gerenciamento da Máquina de Estados em Jogos Desenvolvidos com Java 3D. In: *Brazilian Symposium Games*. 2006.
- Marques, W. R. A., Rios, D. L. e Alves, K. dos S. (2022). A percepção ambiental na aplicação da Educação Ambiental em escolas. *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, v. 17, n. 2, p. 527–545.

- Mattar, J. (2013). Web 2.0 e redes sociais na educação. Artesanato Educacional.
- Mattar, J. (2017). Metodologias ativas: para a educação presencial, blended e a distância. Artesanato Educacional.
- Munhoz, L. e Antun, O. (2024). Catástrofe dos Incêndios: Já temos a solução ou não. Agroanalysis. Fundação Getulio Vargas. v. 44p. 23–25.
- Prizibiszki, C. (2024). Queimadas explodem em cinco dos seis biomas brasileiros. <https://oeco.org.br/noticias/queimadas-explodem-em-cinco-dos-seis-biomas-brasileiros/>.
- Serra Junior, D. F., De Souza, R. C. e Baldassini, R. dos S. (2024). A Importância da Educação Ambiental nas escolas para a promoção do desenvolvimento sustentável. Revena - Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem, v. 8, p. 185–194.
- SOS Mata Atlântica (2024). Incêndios florestais escancaram a fragilidade de cidades paulistas e reforçam a urgência da restauração de ecossistemas. <https://www.sosma.org.br/noticias/incendios-florestais-escancaram-a-fragilidade-de-cidades-paulistas-e-reforcam-a-urgencia-da-restauracao-de-ecossistemas>.
- WWF (2024). Queimadas nos principais biomas brasileiros se concentraram em áreas de vegetação nativa em ago. <https://www.wwf.org.br/?89621/Queimadas-nos-principais-biomas-brasileiros-se-concentraram-em-areas-de-vegetacao-nativa-em-agosto>.