

FACULDADE DE TECNOLOGIA PADRE DANILO JOSÉ DE OLIVEIRA OHL

GUSTAVO BAZILIO DOS SANTOS

**GAMIFICAÇÃO E EDUCAÇÃO AMBIENTAL:
DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE JOGO
DIGITAL EDUCATIVO**

BARUERI – SP
2026

FACULDADE DE TECNOLOGIA PADRE DANILO JOSÉ DE OLIVEIRA OHL

GUSTAVO BAZILIO DOS SANTOS

**GAMIFICAÇÃO E EDUCAÇÃO AMBIENTAL:
DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE JOGO
DIGITAL EDUCATIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao CST em Gestão da Tecnologia da
Informação da Faculdade de Tecnologia Padre
Danilo José de Oliveira Ohl – Faculdade
Barueri – como requisito final para obtenção
do título de Tecnólogo em Gestão da
Tecnologia da Informação.

Orientador: Prof. Dr. Nailton Santos de Matos

BARUERI – SP
2026

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de jogo digital educativo voltado ao ensino de educação ambiental, com ênfase na conscientização sobre poluição atmosférica e seus impactos ambientais e sociais. O problema de pesquisa parte da necessidade de investigar como jogos digitais podem contribuir para o processo de ensino-aprendizagem de conteúdos ambientais de maneira mais interativa, acessível e motivadora, considerando o crescente uso das tecnologias digitais pelas novas gerações e as limitações das metodologias tradicionais de ensino. O objetivo do estudo consiste em desenvolver um protótipo funcional de jogo digital capaz de integrar aprendizagem lúdica, estímulo cognitivo e conteúdo informacional relacionado à qualidade do ar e aos efeitos dos poluentes atmosféricos. A metodologia utilizada fundamentou-se em revisão bibliográfica sobre educação lúdica, gamificação, jogos digitais educativos e educação ambiental, associada ao desenvolvimento prático de um protótipo digital estruturado em diferentes níveis de interação. O projeto foi desenvolvido utilizando a linguagem C# com o framework Monogame, além de ferramentas open source para produção gráfica, sonora e modelagem tridimensional. Como resultados, observou-se que a integração de mecânicas de jogabilidade e conteúdos educativos possibilitou a construção de uma experiência potencialmente capaz de estimular o aprendizado, o raciocínio lógico e a conscientização ambiental de forma dinâmica. Embora o protótipo ainda apresente limitações estruturais e de conteúdo, o estudo evidenciou o potencial pedagógico dos jogos digitais como ferramenta complementar no ensino de educação ambiental.

Palavras-chave: Jogos Digitais Educativos. Gamificação. Aprendizagem Lúdica. Educação Ambiental. Poluição Atmosférica.

ABSTRACT

This document details the development of an educational digital game prototype about environmental education, with focus on raising awareness about atmospheric pollution and its impacts on nature and society. The research's problem comes from a necessity of understanding how digital games can contribute to the teaching-learning process of environmental content in a more interactive, accessible and motivating way, taking into account the growing use of digital technologies by the newer generations and the limitations of the traditional educational methodologies. The goal of the study consists in developing a functional prototype of a digital game capable of integrating ludic learning, cognitive stimulus and informational content about air quality and the effects of atmospheric pollutants. The methodology utilized was supported by a bibliographical review about ludic education, gamification, educational digital games and environmental learning, alongside the development of a digital prototype structured in several levels of interaction. The project was developed using the C# programming language and the Monogame framework, besides other open source tools used for the making of graphical, sonorous and modelling assets. The result observed was that the integration between gameplay mechanics and educational contents allowed the construction of an experience potentially capable of promoting the learning, logical thinking and the environmental awareness dynamically. The prototype still shows limits on its structure and content, but the study highlighted the pedagogical strengths of digital games as support tools in the context of environmental education.

Keywords: Educational Digital Games. Gamification. Ludic Learning. Environmental Education. Atmospheric Pollution.

LISTA DE FIGURAS

1 – Captura do menu inicial.....	21
2 - Captura de cena planetária 1.....	23
3 - Captura de cena planetária 2.....	26
4 - Captura de cena estelar 1.....	26
5 - Captura de cena estelar 2.....	28
6 - Captura de cena galáctica.....	29

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	5
2 - REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
2.1 - O JOGO LÚDICO E SEU POTENCIAL PEDAGÓGICO.....	6
2.2 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE EDUCACIONAL DO JOGO.....	9
2.3 - QUALIDADE DO AR E SEUS EFEITOS NA SAÚDE HUMANA.....	11
2.4 - EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....	13
2.5 - POLUENTES DO AR.....	15
3 - METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO JOGO DIGITAL.....	16
3.1 – ESTABILIDADE.....	17
3.2 - ESTÍMULO LÚDICO.....	22
3.3 - CONTEÚDO INFORMACIONAL E ESTÍMULO COGNITIVO.....	29
4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

Tecnologias digitais têm se consolidado como parte fundamental do dia-a-dia brasileiro nas últimas duas décadas, ao ponto em que é difícil imaginar um retorno para uma rotina sem a presença de celulares, computadores pessoais, dispositivos IoT (*Internet of Things*) e conexão constante à internet. Essas tecnologias são utilizadas para diversos fins na sociedade e se manifestam de diversas formas, de entretenimento e comunicação pessoal até coleta e processamento de dados em massa para processos empresariais, governamentais e científicos. Em outros países houve também a adaptação destas tecnologias para o meio educacional, mas o Brasil peca neste contexto, parcialmente devido a problemas sociais e econômicos complexos, mas em parte também devido a uma falta de interesse da liderança política do país. Este atraso representa uma perda de oportunidade, já que a intrinsecidade destas tecnologias na vida da população, principalmente nas faixas etárias mais novas, permitiria a inclusão de conteúdos educativos no dia-a-dia de uma forma não-disruptiva. Além disso, o meio digital permite que estes conteúdos sejam representados e abordados de formas diferentes aos meios tradicionais, como leitura, permitindo um grau de ludicidade que potencialmente ajudaria os alunos durante o aprendizado.

Uma das possíveis formas de utilizar a tecnologia digital na educação é através do jogo lúdico, unindo os conceitos de educação lúdica e jogo digital com o objetivo de gamificar a educação e evitar o estigma tido pelos estudantes sobre as formas tradicionais de estudo. No entanto, o jogo lúdico requer uma aplicação correta, com cuidados necessários durante seu desenvolvimento e uso, e contendo alguns pontos fracos oriundos da natureza lúdica e digital do mesmo. Neste trabalho, são observados estes detalhes, sequencialmente usando-os para o desenvolvimento de um protótipo funcional de um jogo digital lúdico que atenda todas as qualidades necessárias para uma aplicação educativa eficiente.

A possibilidade de aprendizado por um meio radicalmente diferente, capaz de representar o conhecimento de forma mais simplificada e acessível, também permite que informações mais complexas sejam ensinadas a um público mais novo. Assim, é prudente usar o meio para ensinar informações de cunho social importante, capazes de afetar o comportamento e visão de mundo da população jovem a fim de promover uma melhora na civilização humana e nos diversos pilares necessários para sustenta-lá. Para isso, é preciso converter as informações em regras de jogo coerentes, e estruturar o *gameplay* do jogo para que este requira que o jogador aprenda estas regras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O JOGO LÚDICO E SEU POTENCIAL PEDAGÓGICO

O jogo é uma atividade lúdica envolvendo pelo menos um jogador, que, através do seguimento de regras autoimpostas, se esforça fisicamente ou mentalmente para atingir um objetivo específico, a fim de alcançar uma sensação de conquista ou contentamento. Santana, Fortes e Porto (2016) definem jogos como “atividades que apresentam a figura de pelo menos um indivíduo praticante e tem regras definidas. São utilizados pelo homem para fins recreativos e servem também como estimulação mental e física”. Para Queiroz, Fassarella e Cardoso (2021), o jogo é uma:

(...) atividade livre, conscientemente não séria e exterior à vida habitual, capaz de absorver o jogador de maneira intensa e total. (...) Os jogos devem apresentar objetivo, regras, resultado, entretenimento, fantasia, aventura e elemento oponente, que mantém o jogador ávido por vencê-lo (Queiroz, Fassarella e Cardoso, 2021).

Além da recreação, o jogo também é usado como um meio de conexão entre os demais jogadores, proporcionando um ambiente de cooperação ou competição em que possam ser praticados dinâmicas de grupo.

Com o advento dos computadores pessoais e celulares, a estrutura tradicional dos jogos foram adaptadas para o meio digital. As regras e objetivos deixam em maior parte de serem definidos pelos seus jogadores, e passam a ser regidos por programas de computador. De acordo com Santana, Fortes e Porto (2016), existe um alto potencial de aprendizado através de meios eletrônicos devido à afinidade dos alunos por computadores e celulares. No entanto, tentativas de implementação desse potencial tiveram focos apenas no adquirimento das máquinas, como *tablets* e *notebooks*, em ambiente escolar, não sendo valorizado o desenvolvimento de ferramentas digitais capazes de usufruírem da capacidade educacional dessas máquinas. Nesse contexto, Santana, Fortes e Porto (2016) oferecem o jogo digital como uma possível ferramenta de ensino, citando a aprendizagem lúdica, desenvolvimento cognitivo e fator motivacional como benefícios principais esperados.

Existe um potencial enorme de se utilizar essas ferramentas não só como meio de entretenimento ou recreação, mas também como artefato de aprendizagem, ou seja, incluir nos jogos conceitos que podem ser abstraídos pela criança que podem impactar positivamente no quesito de abstração de conhecimentos inerentes ao jogo (Santana et al. 2016).

Queiroz, Fassarella e Cardoso (2021) discorrem sobre a diferença cognitiva das novas gerações devido a estas estarem em contato com diversos tipos de tecnologias digitais durante toda a sua vida. Essa diferença se manifesta, principalmente, por um maior desejo por

interatividade nas tarefas do dia-a-dia. Devido a isso, o jogo lúdico é uma forma de ensino viável, capaz de atender as diferenças de necessidade de aprendizado dos jovens e proporcionando um ambiente dinâmico capaz de estimular a concentração, autonomia, e recompensar a observação e reação dos alunos.

São experts em baixar, produzir e compartilhar conteúdos digitais, trocar mensagens instantâneas e jogar jogos *on-line*, o que sugere que a aprendizagem tem acontecido de forma mais acelerada, pois experiências diferentes podem proporcionar estruturas cerebrais diferentes(...)(Queiroz *et al.* 2021).

Em sua pesquisa, Santana, Fortes e Porto (2016) ressaltam os quatro estágios de desenvolvimento cognitivo postulados por Jean Piaget. O estágio final de cognição, chamado por Piaget de “operatório formal”, é atingido em torno de 12 anos de idade e é definido pela capacidade de solucionar problemas de forma sistêmica, formar hipóteses e suposições, reflexionar sobre observações passadas, e trabalhar com pensamentos abstratos. Crianças nesta etapa se encontram cursando o ensino fundamental, no qual são ensinadas conhecimentos básicos, como operações matemáticas simples, e, de acordo com Santana, Fortes e Porto (2016), a implementação do jogo como forma de educação lúdica neste estágio ajudaria o aluno a desenvolver o raciocínio em tarefas similares ao estudo convencional, como operar informações, realizar classificações, aplicar e seguir regras, mas com o benefício adicional de mantê-los motivados durante o processo.

Para Alves e Branco (2024), os jogos digitais tem “essa proposta de gerar um certo fascínio e atração nos alunos, como uma alternativa divertida e criativa para a resolução das atividades propostas em sala de aula.” Segundo um questionário realizado pelos mesmos, os jogos eletrônicos estão presentes tanto na vida de menores de idade quanto em adultos, em diversos níveis de ensino, e em ambos os gêneros. Adicionalmente, o uso de tecnologias digitais também foi alto entre os participantes, principalmente sobre o uso de celulares. Alguns participantes também mencionaram ter aprendido conteúdos como Inglês, História, Matemática, Física e Filosofia enquanto jogavam. Este fascínio pode ser uma ferramenta importante para combater a resistência mental apresentada por alunos desinteressados, causada pela percepção de que matérias escolares são difíceis, chatas e sem uso cotidiano. Novos métodos de ensino visando a participação ativa do estudante no processo de aprendizagem, incluindo a gamificação, podem facilitar a remoção dessa percepção e melhorar o ensino (Damasceno e Siqueira, 2021).

Além do potencial durante as aulas, menciona Damasceno e Siqueira (2021), o uso de dispositivos móveis permitem a interação com o estudo mesmo fora dos locais de ensino,

participando da vida pessoal do aluno. O aprendizado é melhorado quando é dado aos alunos a possibilidade de pesquisarem por conta própria e quando podem imaginar situações em suas vidas em que o conhecimento aprendido seria útil.

Para que um jogo digital tenha uso pedagógico, Castro (2024) afirma que o mesmo precisa ter “game design intuitivo, aspectos visuais com cores vibrantes, áudio com narração, sistemas de desafios e metas, missões, conquistas, feedback, regras e narrativas”. Além disso, também é necessário que a estrutura do jogo permita a compreensão e interpretação dos conceitos a serem ensinados, e desafie os alunos com problemas complexos, a fim de testar o aprendizado e permitir que o aluno experimente, erre e aprenda.

No entanto, é mencionado por Santana, Fortes e Porto (2016) que o jogo precisa possuir características relevantes à questão pedagógica a ser aprendida, e a aplicação do mesmo deve ser acompanhada por uma metodologia orientadora, a fim de reforçar a absorção do conhecimento. Caso esse fator não se aplique, o jogo lúdico pode impactar negativamente o aprendizado, desfocando a atenção dos alunos para um fim sem valor educacional, afirma Alves e Branco (2024). Similarmente, Castro ressalta que, para que o jogo lúdico tenha eficácia, é necessário que seu uso seja intencional e ligado à função pedagógica. Essa limitação é especialmente reforçada por Oliveira (1999) e chamada de “Mito da Tecnologia” pela mesma, referindo-se a percepção errônea de assumir uma solução mágica ao se implementar uma novidade tecnológica no combate de um problema. O sucesso da implementação do jogo lúdico em um ambiente educacional depende do uso sensato da mesma pelo docente, e não pode apenas ser incluída descuidadamente em um currículo.

(...) o professor deve delinear estratégias diversificadas, utilizando recursos tecnológicos, uma vez que tais recursos se fazem presentes no cotidiano social dos estudantes e podem ser utilizados para fins de aprendizagem no processo de ensino curricular, em uma via equitativa entre conhecimento escolar e social (Damasceno e Siqueira, 2021).

Outro fator importante no quesito ao uso de jogos lúdicos é a falta de suporte, não apenas em casos de falta dos dispositivos eletrônicos, mas também em falta de profissionais preparados para aplicá-los, complicados ainda mais pelas desigualdades sociais do Brasil. Alves e Branco (2024) reportam que 32% dos participantes em seu questionário não tem acesso a um ambiente educativo com o objetivo de promover o uso de tecnologias digitais, com a maioria destes participantes sendo alunos de escola pública.

Alves e Branco (2024) afirmam que, apesar de os jogos de entretenimento serem muito mais proeminentes em relação aos jogos educativos no quesito de produção, há uma certa gradiência entre os dois grupos, em que um jogo criado para fins de entretenimento

também contém valor educativo, com níveis variados de profundidade. Devido à baixa usabilidade prática e falta de interesse, jogos com valor educativo não são produzidos por grandes indústrias de jogos, causando sua relativa escassez. Sobre este tópico, é importante reforçar com base em pontos anteriores que a presença de valor educativo, por si só, não qualifica um jogo como viável para fins pedagógicos.

2.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE EDUCACIONAL DO JOGO

Queiroz, Fassarella e Cardoso (2021) analisam dois casos de jogos aplicados na aprendizagem de geometria, “Construtor de áreas” e “Geometria no meu quarto”, devido à importância dessa área de estudo no currículo estudantil e por sua utilidade em contextos cotidianos e profissionais. As análises foram realizadas utilizando a Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (TCAM) criada por Richard Mayer em 2003 e as Heurísticas de usabilidade de Federoff criada em 2002, respectivamente.

O modelo TCAM contém múltiplos princípios, organizados em três grupos, criados com a finalidade de facilitar a aprendizagem por meios multimídias através da organização das informações, redução de distrações e conteúdo desnecessário, e segmentação do conteúdo informativo conforme necessário. Conforme a tradução de Queiroz, Fassarella e Cardoso (2021), estes princípios são:

- Grupo 1

- **Princípio da coerência:** o conteúdo precisa ser relevante ao tema abordado, evitando a inclusão de sons ou imagens desnecessárias.
- **Princípio da sinalização:** tópicos importantes devem ser destacados para reduzir a busca por informações essenciais.
- **Princípio da contiguidade espacial:** conteúdos correspondentes ao mesmo tópico devem ser apresentados próximos um do outro.
- **Princípio da contiguidade temporal:** conteúdos correspondentes ao mesmo tópico devem ser apresentados simultaneamente.
- **Princípio da redundância:** repetições excessivas de informação dificultam a absorção de conhecimento.

- Grupo 2

- **Princípio da segmentação:** a divisão de uma mensagem em tópicos facilita o acompanhamento da informação.

- **Princípio do pré-treino ou antecipação:** a apresentação de informações mais simples sobre os conceitos, como nomes, deve ocorrer antes da introdução de detalhes mais complexos.

- **Princípio da modalidade:** o aprendizado é melhor ao se usar animações/figuras com narração comparado a animações/figuras com texto, devido a uma maior atenção necessária para observar a animação/figura e ler o texto simultaneamente.

- Grupo 3

- **Princípio da multimídia:** explicações causam melhor aprendizado quando acompanhadas por imagens/animações

- **Princípio da personalização:** o uso de uma linguagem mais convencional, ao invés da linguagem formal, facilita a aprendizagem.

- **Princípio da voz:** o uso de voz humana, ao invés de uma voz de máquina, facilita o aprendizado.

- **Princípio da imagem:** a presença visual do narrador não afeta o aprendizado

As Heurísticas de usabilidade, por sua vez, são princípios utilizados para avaliar a qualidade de design do software, o que inclui, no caso de jogos digitais, a medição da eficácia, eficiência e satisfação. Federoff também especifica três aspectos de um jogo que podem ser avaliados, independentemente do gênero ou função do mesmo:

- **Interface:** engloba todas as partes do jogo digital responsáveis pela comunicação entre o jogador e o jogo ou vice-versa, como controles físicos, suas representações digitais e elementos de interface(menus, botões e textos).

- **Mecânica:** inclui todos os elementos lógicos e visuais responsáveis por regular e representar os acontecimentos dentro do jogo, como ações do jogador(mover, pular, etc.), modelos e texturas dos objetos virtuais, e o funcionamento básico do programa.

- **Jogo:** se refere aos objetivos, condição de vitória e impedimentos implementados a fim de desafiar o jogador.

A análise de Queiroz, Fassarella e Cardoso (2021) conclui que, apesar de ambos os jogos não satisfazerem todos os princípios ao qual foram submetidos, estes atenderam a maioria, sendo considerados adequados para uso pedagógico. Em particular, é notado na conclusão da análise que os efeitos do não-atendimento do princípio da modalidade pelo jogo “Construtor de áreas” podem ser reduzidos pela ação do professor, significando que estes critérios de avaliação são lenientes e flexíveis, levando em consideração as condições de aplicação do jogo lúdico.

Entre os gêneros de jogos, Queiroz, Fassarella e Cardoso (2021) especificam três como de maior relevância para o contexto educativo: estratégia, no qual o jogador é responsável por administrar um conjunto grande de fatores, como por exemplo um exército ou civilização; quebra-cabeça, requerendo que o jogador solucione problemas dentro de um certo escopo levando em consideração as regras e ferramentas disponíveis; e simulação, o qual objetivam a simulação de um fator específico da vida real.

Com base nos conteúdos apresentados e observando os resultados oriundos do estudo de caso, a aplicação dos modelos TCAM e Heurísticas de usabilidade como avaliadores da qualidade educacional de um jogo digital educativo é aceitável.

2.3 QUALIDADE DO AR E SEUS EFEITOS NA SAÚDE HUMANA

O termo “mudança climática” engloba qualquer variação do clima, incluindo aquelas de ocorrência natural, e tais mudanças ocorreram constantemente ao longo da existência do planeta Terra. No entanto, este termo é usado com frequência no contexto de poluição do ar para se referir à intensificação dessas transformações naturais ocorrida junto ao advento da industrialização global no século XX. Essa intensificação é causada pelo aumento de gases efeito estufa na atmosfera, principalmente gás carbônico e metano, oriundos de atividade humana, particularmente a queima de combustíveis fósseis na escala global e a queima da vegetação nas regiões norte e nordeste na escala nacional (*Barcellos et al*, 2008).

A qualidade do ar é um ponto de relevância internacional, já que os aerossóis produzidos por um país não ficam contidos nas fronteiras do mesmo e afetam negativamente os países vizinhos, ou, no caso de gases efeito estufa, o mundo todo. A poluição do ar causa efeitos nocivos aos seres humanos, tanto diretamente por doenças respiratórias provocadas pela inalação de partículas poluentes, quanto indiretamente pela intensificação do efeito estufa, acelerando as mudanças climáticas e potencialmente causando secas, alagamentos e incêndios disruptivos para a população e economia local (*Fernandes, Hacon e Novais*, 2021). Segundo *Barcellos et al*, essas perturbações climáticas podem, por sua vez, propagar doenças ao espalhar água contaminada ou proliferar animais vetores, além de causar outras catástrofes inesperadas devido a mudanças no uso da terra e subsequente desestabilização devido à, no caso de florestas como a Amazônia, perda da regulação de carbono e armazenagem de humidade oferecida passivamente pela vegetação.

(...) não há como separar o efeito desses fenômenos climáticos dos processos de ocupação que vêm sofrendo essas regiões. Na Amazônia, particularmente, se sobrepõem às oscilações climáticas a intensificação de queimadas e desflorestamento. (...) do ponto de vista da termodinâmica, o processo de aquecimento global pode ser assumido como uma acumulação de calor, não só pela atmosfera, mas também na água e solo. Essa energia pode ser mobilizada e dissipada de forma rápida e concentrada, gerando eventos extremos. Essa é uma possível explicação para o aumento da frequência e intensidade de furacões no hemisfério norte (*Barcellos et al*, 2008).

Associado a isso há também um fator socioeconômico: as fontes poluentes de ar estão concentradas nos países em desenvolvimento e suas emissões cresceram constantemente, principalmente na Índia e China (*Energy Institute*, 2025), e a alta população e baixo acesso à saúde presente nesses países causa altos níveis de mortalidade e impõe pressão adicional nos sistemas de saúde pública frágil dos mesmos. Infelizmente, aponta Fernandes, Hacon e Novais (2021), essas fontes estão associadas à interesses econômicos e políticos, o que dificulta a aplicação de políticas ambientais.

Apesar de anos de estudos científicos sobre os impactos dos poluentes atmosféricos em áreas urbanas e rurais e a atenção da mídia em relação ao desmatamento ilegal e aos incêndios florestais, acidentais ou intencionais, os potenciais efeitos à saúde das populações tem sido pouco estudadas pela comunidade científica, principalmente em áreas dominadas por grandes fazendeiros, que inviabilizam a entrada de pesquisadores, criando um abismo entre a ciência e a saúde (*Fernandes, Hacon e Novais*, 2021).

No Brasil, a principal fonte de gases efeito estufa é oriunda de queimadas, incêndios florestais intencionais usados para remoção de vegetação nativa, usada para permitir a expansão da agropecuária, representando 44% da produção nacional. Outras fontes relevantes são a própria agropecuária (25%), setor de energia(21%) e processos industriais e de resíduos(5%). Conforme a população e a atividade econômica do país expande, a produção de gases efeito estufa também aumenta como consequência. (*Fernandes, Hacon e Novais*, 2021). Embora a poluição atmosférica produzida por indústrias e queima de combustíveis fósseis represente uma parte pequena do total no Brasil, ela é de alta relevância no contexto de fomentação de doenças respiratórias devido a intensa presença destas fontes de poluição em ambientes urbanos, nota *Barcellos et al* (2008).

O efeito das atividades humanas na estabilidade climática do planeta envolve a possibilidade de danos irreversíveis, como perda da biodiversidade, e implicam a possibilidade de risco à sobrevivência da própria civilização humana. Esse risco, e a exposição do mesmo levado a tona pela mídia e por movimentos ambientalistas, tem causado um interesse pelo tópico na população mundial e esforços de conscientização tiveram resultados em educar a população sobre a insustentabilidade do modelo econômico mundial,

mas tais esforços não foram suficientes para impedir a continuação desse modelo (Marcatto, 2002). Não surpreendentemente, o desenvolvimento de soluções para os problemas apresentados é complexo, necessitando de colaboração no nível global e local, e aplicação de políticas públicas que mitiguem as causas e remediem as consequências de problemas sociais sérios, como desmatamento, descarte impróprio de lixo, uso desenfreado de produtos petrolíferos, fertilizantes e agrotóxicos, aquecimento global e consequente propagação de insetos vetores de doenças como dengue e malária. Além disso, aponta Barcellos *et al* (2008), há uma ausência de registros históricos sobre incidências de doenças no Brasil, o que dificulta a predição precisa do comportamento das doenças em um ambiente contemporâneo e abre portas para epidemias mais severas.

2.4 EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Marcatto (2002) exalta a importância de envolver a comunidade local nos esforços de proteção ambiental, pois os habitantes frequentemente causam e sofrem as consequências da poluição presente no ambiente ao redor.

Participação implica envolver, ativa e democraticamente, a população local em todas as fases do processo, da discussão do problema, do diagnóstico da situação local, na identificação de possíveis soluções, até a implementação das alternativas e avaliação dos resultados (Marcatto, 2002).

Para isso, é necessário que estes estejam informados sobre os riscos que enfrentam e as possíveis soluções a serem tomadas. O ensino dessas informações pode ser formal, integrado a cursos e outros sistemas educacionais e envolvendo os alunos e professores participantes, ou informal, envolvendo a população como um todo, e tem como objetivo estimular o cidadão a participar dos esforços de conservação ambiental, ensinando-o novos conhecimentos e habilidades e permitindo que o mesmo auxilie a saúde ambiental de sua comunidade. Não apenas isso, o ensino ambiental deve ser transversal, ou seja, deve ser tratado não como uma disciplina à parte, mas como um fator importante que permeia diversas outras áreas de conhecimento. Como apresentado antes nesse texto, a saúde ambiental depende das ações e interesses econômicos locais, e por isso deve estar ativamente presente durante o desenvolvimento dessas indústrias, inclusive durante o ensino de seus profissionais.

Para fins de norteamento durante a aplicação da educação ambiental, Marcatto (2002) cita a Conferência de Tbilisi, em que são definidas como qualidades principais dessa educação:

- **Dinâmico integrativo:** a educação visa conscientizar a comunidade e prepará-la, em nível comunal e individual, para que a mesma seja capaz de resolver os seus problemas ambientais, fornecendo-a os conhecimentos, valores, habilidades e incentivo necessário para isso.
- **Transformador:** a educação visa induzir mudanças de atitudes na população sobre sua relação com o meio ambiente, a fim de suportar transformações sociais que permitam uma melhor sustentabilidade da atividade humana.
- **Participativo:** incentiva o cidadão a participar dos esforços ambientais coletivos.
- **Abrangente:** o ensino se estende além da estrutura escolar, englobando também a família e a comunidade, com o objetivo de atingir todos os grupos sociais.
- **Globalizador:** inclui todos os aspectos do ambiente, incluindo o natural, tecnológico, social, econômico, político, histórico, cultural, moral, ético e estético. Também deve atuar em nível local, regional e global.
- **Permanente:** objetiva uma transformação duradoura e recorrente, já que a compreensão do ambiente natural e a condição da sociedade humana estão em constante transformação, e por isso devem ser ativamente acompanhadas.
- **Contextualizador:** atua com base na realidade e necessidades locais, sem desconsiderar a situação global.

Além disso, Marcatto também apresenta os princípios determinados pela Conferência de Tbilisi a serem seguidos:

- **Considerar** o ambiente em sua totalidade, incluindo seus aspectos naturais, artificiais, tecnológicos e sociais.
- **Construir-se** num processo contínuo e permanente, iniciando na educação infantil e continuando através de todas as fases do ensino formal e não formal.
- **Empregar** o enfoque interdisciplinar, aproveitando o conteúdo específico de cada disciplina, para que seja adquirida uma perspectiva global e equilibrada.
- **Examinar** as principais questões ambientais em escala pessoal, local, regional, nacional, internacional, de modo que os educandos tomem conhecimento das condições ambientais de outras regiões geográficas.
- **Concentrar-se** nas situações ambientais atuais e futuras, tendo em conta também a perspectiva histórica.
- **Insistir** no valor e na necessidade de cooperação local, nacional e internacional, para prevenir e resolver os problemas ambientais.

- **Considerar**, de maneira clara, os aspectos ambientais nos planos de desenvolvimento e crescimento.
- **Fazer** com que os alunos participem na organização de suas experiências de aprendizagem, proporcionando-lhes oportunidade de tomar decisões e de acatar suas consequências.
- **Estabelecer** uma relação para os alunos de todas as idades, entre a sensibilização pelo ambiente, a aquisição de conhecimentos, a capacidade de resolver problemas e o esclarecimento dos valores, insistindo especialmente em sensibilizar os mais jovens sobre os problemas ambientais existentes em sua própria comunidade.
- **Contribuir** para que os alunos descubram os efeitos e as causas reais dos problemas ambientais.
- **Salientar** a complexidade dos problemas ambientais e, conseqüentemente a necessidade de desenvolver o sentido crítico e as aptidões necessárias para resolvê-los.
- **Utilizar** diferentes ambientes educativos e uma ampla gama de métodos para comunicar e adquirir conhecimentos sobre o meio ambiente, privilegiando as atividades práticas e as experiências pessoais.

2.5 POLUENTES DO AR

Barcellos *et al* (2008) lista as seguintes substâncias como principais poluentes causados pela queima de biomassa, e capazes de influenciar o equilíbrio termal da atmosfera. No entanto, estas substâncias interagem com a atmosfera de formas diferentes, e são produzidas por fontes secundárias variadas.

- **Dióxido de carbono:** produzido pela queima de biomassa e combustíveis fósseis. Além de sua influência no efeito estufa, dióxido de carbono também acidifica as águas oceânicas, causando morte dos recifes de corais e mudanças na biosfera marítima (Menezes, 2021).
- **Metano:** emitido principalmente pela agropecuária. Outras fontes de metano incluem aterros sanitários, pântanos, mineração de carvão, transporte de gás, agricultura de arroz e tratamento de esgoto, além de outras fontes de fermentação (Menezes, 2021; Allen, 2016; Lelieveld, Crutzen, Brühl, 1993). Metano é um gás inflamável, e acúmulo do mesmo pode resultar em explosões. Adicionalmente, um aumento de metano na atmosfera causa um impacto muito maior no aquecimento global comparado a um aumento similar de dióxido de carbono, devido à proporção de metano na atmosfera ser muito menor (Lelieveld, Crutzen, Brühl, 1993).

- **Óxido nítrico:** produzido naturalmente no ciclo de nitrogênio durante o consumo de amônio e produção de nitritos por bactérias no solo. A presença de agricultura e uso de fertilizantes nitrogenados estimula essa atividade bacteriana, aumentando a produção de óxido nítrico (*Ferraz-Almeida et al.*, 2015).
- **Monóxido de carbono:** monóxido de carbono é um gás incolor e sem cheiro, combustível, e causa asfixiamento em altas concentrações, sendo potencialmente perigoso caso dispersado em ambientes usados por seres humanos e outros animais. É produzido em baixas doses junto ao dióxido de carbono durante a queima de combustíveis fósseis, principalmente em ambientes com baixa oxidação (*World Health Organization*, 2010).
- **Dióxido de nitrogênio:** gás marrom-avermelhado, corrosivo e oxidante, produzido pela reação de nitrogênio e oxigênio no ar próximo a combustões. Dióxido de nitrogênio causa irritações nos olhos e inflamações no trato respiratório, podendo também aumentar a vulnerabilidade a infecções respiratórias (*World Health Organization*, 2010).
- **Compostos orgânicos voláteis:** Compostos orgânicos, normalmente à base de carbono, que são produzidos e liberados na atmosfera por ações geológicas, antropocênicas, e, principalmente, biológicas, em ambientes de alta temperatura. Essa categoria inclui diversas substâncias, algumas delas já listadas aqui, como metanol, hidrocarbonetos não-metano, monóxido de carbono e metano, e sua presença na atmosfera afeta o ciclo do carbono e causam reações químicas secundárias, como produção de ozônio. O aquecimento global aumenta a intensidade dessas reações, que por sua vez aumentam a temperatura da atmosfera, causando uma incrementação cíclica (*Souza et al*, 2022).
- **Partículas aerossóis:** causam redução da intensidade solar na superfície devido ao bloqueio direto da luz solar, e influenciam positivamente a formação de nuvens na região, potencialmente reforçando o fenômeno albedo (*Barcellos et al*, 2008). A inalação direta dessas partículas também provocam doenças respiratórias e cardiovasculares (*Fernandes, Hacon e Novais*).

3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO JOGO DIGITAL

Este trabalho acompanha o desenvolvimento de um jogo eletrônico educativo. A fim de melhor atingir esse objetivo, a metodologia foca em quatro categorias de qualidades julgadas como essenciais para que o mesmo seja capaz de ensinar o usuário com eficiência. As categorias são estabilidade, estímulo lúdico, estímulo cognitivo e conteúdo informacional,

e foram usadas para estabelecer ideais a serem atendidos pelo projeto, baseadas no conteúdo referencial coletado nas etapas anteriores do trabalho.

A programação do projeto foi realizada utilizando o IDE Visual Studio Code junto ao *framework* Monogame. Esta decisão foi feita devido a uma maior familiaridade prévia com a linguagem de programação usada por ambas as ferramentas, Csharp. Adicionalmente, a decisão de usar um *framework* ao invés de um motor de jogo consolidado no mercado, como Unity, Godot e Unreal Engine, foi tomada a fim de evitar casos de dependência legal ou de sintaxe do código. O projeto suporta nativamente as plataformas Windows 10, Linux e Mac, e foi desenvolvido em um computador equipado com uma placa de vídeo AMD Radeon RX 580 2048SP, 16GiB de memória e processador Intel i5-10400F × 12, não apresentando nenhum problema de performance nessas especificações.

Todos os recursos sonoros e texturas gráficas presentes foram criados utilizando a ferramenta de composição BeepBox e o programa de pintura digital Krita, respectivamente, e os modelos tridimensionais presentes foram confeccionados através da ferramenta Blender. Todos estes programas são *open source* e gratuitos, e portanto sem riscos relevantes à segurança, independência ou custo monetário esperado durante o projeto. As texturas utilizadas para representação da superfície dos planetas e do céu noturno foram criadas a partir da edição de fotos de autoria da agência espacial NASA, mas, conforme as diretrizes estabelecidas no site oficial da empresa, este trabalho é de natureza não-comercial até o momento e as imagens usadas não incluem logos ou pessoas reconhecíveis.

Devido à suas qualidades lúdicas, o protótipo pode ser utilizado exclusivamente para fins de entretenimento. No entanto, o mesmo foi desenvolvido com o objetivo de ser viável como material de suporte para um ensino pedagógico no nível fundamental e introduzido em um contexto de educação ambiental, em que os usuários tenham uma idade mínima de 11 anos.

3.1 ESTABILIDADE

A estabilidade do jogo educacional denota a qualidade funcional do mesmo como *software*. Para este projeto, foram levando em consideração os seguintes pontos:

- **Compatibilidade:** o código precisa ser genérico e versátil, permitindo sua aplicação em diversos gêneros de jogos.

- **Resiliência:** o jogo não pode conter erros que interrompam o programa, ou que impactem negativamente a imersão ou performance do usuário.
- **Performance:** o jogo deve ser capaz de carregar e atualizar todo o conteúdo necessário para seu funcionamento, sem demonstrar latência ou congelamentos.
- **Intuitividade:** o funcionamento das interfaces precisa ser óbvia, permitindo que o usuário navegue com facilidade. A função de todos os botões devem estar representada por textos ou imagens.
- **Responsividade:** botões devem reagir visualmente e sonoramente ao serem pressionados pelo usuário.
- **Configurabilidade:** o mapeamento das ações do usuário devem aceitar tanto teclado e mouse quanto *gamepads*, e o usuário deve ser capaz de alterá-los conforme o desejo do mesmo.

A lógica do jogo é estruturada ao redor de três objetos:

- **BaseEntity (“Entidade básica”):** contém lógica para calcular aceleração, velocidade, vida, inventário e colisão, e também podem ser configuradas para aceitar controles do jogador ou de um algoritmo autônomo. Entidades podem ser usadas para representar personagens animados, como avatares de jogadores e inimigos.
- **BaseRoom (“Sala básica”):** representam um “espaço” tridimensional. Salas não possuem lógica interna, servindo apenas como armazenamento de dados relevantes ao local, como formato do relevo e luminosidade.
- **BaseDungeon(“Masmorra básica”):** masmorras contêm uma lista de entidades e salas instanciadas, e são responsáveis por atualizar a lógica das entidades, calcular a colisão entre entidades, e conectar múltiplas salas.

Esses objetos podem ser herdados por classes filhas, permitindo que novas lógicas sejam adicionadas a qualquer estrutura sem afetar o comportamento genérico, facilitando a adequação dessa lógica a qualquer tipo de jogo. Para este projeto, corpos celestiais e estruturas planetárias foram programados como entidades a fim de controlar os movimentos de órbita, e uma variação customizada da masmorra é usada para controlar o transitamento do jogador entre o nível planetário, estelar e galático.

Além disso, os seguintes sistemas secundários foram criados para facilitar e padronizar a operação do programa:

- **Items e Inventories(“Inventários”):** inventários são listas capazes de armazenar itens, que por sua vez são objetos capazes de reagir ao serem adicionados, removidos ou usados em um

inventário. Inventários são utilizáveis em diversos gêneros de jogos, e são usados neste projeto para administrar a produção de recursos nos planetas e a carga transportada pela nave do jogador.

- **Registries (“Registros”)**: usados para armazenar dados durante a inicialização do jogo. Registros permitem que objetos sejam salvos e posteriormente clonados sem perda de dados, ou salvos em um arquivo de texto para serem posteriormente recarregados após o encerramento do programa. Registros também permitem que informações adicionais sejam incorporadas após a inicialização do jogo, permitindo que mais conteúdo seja adicionado facilmente ao jogo e indexado para uso, potencialmente permitindo a criação de *mods*.
- **InterfaceManager(“Controle de interface”)**: objeto configurável capaz de criar menus, botões e caixas de texto. Aceita entradas de *mouse*, teclado e *gamepads*.
- **ControlScheme(“Esquema de controle”)**: sequências configuráveis de controles. A funcionalidade aceita até quatro padrões de controles de teclado e de *gamepad*, e cada um desses pode ser alterado a partir do botão de configurações, representado por uma engrenagem, no menu inicial do jogo.
- **AudioManager(“Controle de Áudio”)**: responsável por tocar músicas e efeitos sonoros conforme apropriado. O jogo possui duas faixas de música, que tocam junto ao menu inicial e durante a execução do jogo, respectivamente.

Todas essas partes resultam em uma estrutura flexível, com uma base genérica e ordenada, mas capaz de ser estendida com classes filhas adicionais conforme necessário.

Após a conclusão da versão final do projeto, é esperado que o mesmo seja capaz de armazenar e atualizar um número alto de sistemas solares para uso durante o jogo. Assim, foram estabelecidos as seguintes categorias de dados com o objetivo de reduzir processos desnecessários e permitir uma expansão futura de escala do jogo:

-Configurações de inicialização: dados necessários para a inicialização e funcionamento básico do programa. Opções configuráveis pelo jogador, como escala de renderização, controles de teclado/*gamepad* e volume de som são carregados na memória durante a inicialização, e apenas atualizados quando o jogador acessa o menu de configurações. Nesse estágio também é carregado o modelo genérico usado pelos planetas no nível planetário, já que este usa uma função de *Metaball* para gerar dinamicamente as vértices e faces do modelo. Essa função é relativamente lenta para ser executada, necessitando cerca de 8 segundos por execução, e por isso é realizada uma vez durante a inicialização e armazenada na memória,

com futuros usos apenas clonando o modelo genérico e distorcendo a cópia conforme necessário.

-Dados estelares: inclui as informações pertencentes a todos os sistemas solares no jogo, incluindo o número de identificação interno, nome customizado, nome e identificação de todos os corpos celestiais constituintes, e posição relativa a outros sistemas solares. Esta categoria é atualizada apenas durante o carregamento inicial da partida e armazenada separadamente, permitindo que a estrutura da galáxia e dos sistemas solares seja carregada com antecedência e acessada facilmente por outras funções.

-Dados planetários: inclui as informações pertencentes a todos os corpos celestiais do jogo, incluindo estruturas e recursos presentes na superfície, temperatura, umidade, condições da atmosfera, altura do nível do mar, produção e consumo de recursos pelas estruturas, e uma representação bidimensional do relevo. Essas informações são carregadas separadamente das informações estelares, apenas atualizando quando o jogador acessa um sistema solar pela primeira vez, e apenas incluindo os corpos celestiais presentes em tal sistema solar. Isso permite que a geração dos planetas seja dividida em porções menores e processada conforme necessário, reduzindo o tempo de carregamento inicial e o volume de dados carregados no programa. Adicionalmente, a produção e consumo de recursos apenas é processada em planetas presentes no sistema solar ocupado pelo jogador, reduzindo o processamento de dados realizados pelo jogo.

-Dado de *metaball*: inclui um modelo de *metaball* usado para representar o relevo de um único planeta. Esse modelo é usado para representar tridimensionalmente o relevo do planeta atualmente ocupado pelo jogador no nível planetário. Outros planetas no sistema solar atualmente ocupado são representados por um modelo esférico simples, contendo múltiplas camadas para representar visualmente a atmosfera, solo e oceanos de forma simplificada. Desse modo, o uso da renderização de vídeo é reduzida, apenas aumentando em intensidade quando o jogador se aproxima da superfície de um planeta, ainda sendo capaz de representar outros corpos celestiais distantes.

Os menus atualmente incluídos neste projeto são o título, *pause*, configurações e manual. O menu de título é apresentado ao jogador logo após a inicialização do jogo, e permite carregar uma partida do jogo pelo botão “Iniciar”, acessar o manual pelo botão contendo um símbolo de livro, acessar as configurações pelo botão contendo um símbolo de engrenagem, ou encerrar o jogo pelo botão “Sair”. O menu de pause pode ser acessado ao

pressionar a tecla *Escape* durante uma partida, e permite retornar ao menu inicial ou acessar as configurações.

Imagem 1 – Captura do menu inicial



Fonte: autoria própria (2026)

As ações disponíveis ao jogador, acompanhados de seus controles padrões de teclado e *mouse*, são: movimento básico em quatro direções (teclas W, A, S e D), controle da direção da câmera (botão da roda do *mouse*), controle da altura de voo e zoom da câmera (rolamento da roda do *mouse*), selecionar e desselecionar itens no inventário (clique esquerdo do *mouse*) e usar itens selecionados (clique esquerdo do *mouse*, com alguns itens permitindo o uso alternativo com o botão direito do *mouse*).

Durante a transferência de itens entre inventários, itens podem ser adicionados ao espaço selecionado com o botão esquerdo do *mouse*, ou removidos com o botão direito do *mouse*. A quantidade transferida é 1 por padrão, mas é alterada para 10 se o usuário segurar Shift, 100 se o usuário segurar Ctrl, ou 1000 se o usuário segurar ambos.

3.2 ESTÍMULO LÚDICO

A qualidade lúdica de um jogo educativo é essencial para reter a atenção do usuário, e a ausência da mesma reduz as oportunidades de ensino do mesmo. O jogo educativo competente precisa ser, antes de tudo, um jogo competente. Essa qualidade difere da competência desejada no software, como observado nas heurísticas de usabilidade de Federoff, já que a usabilidade de um jogo depende da presença de obstáculos intencionais a fim de desafiar o jogador. Naturalmente, esse tópico é complexo devido a inerente subjetividade envolvendo a diversão do usuário, mas certas tendências podem ser observadas em jogos:

- **Objetivo:** O jogador precisa desejar um objetivo, e este objetivo deve estimular o jogador a continuar jogando. Este objetivo pode ser a própria conclusão do jogo, mas outras formas de estimular o jogador existem, incluindo objetivos secundários, opcionais ou estipulados pelo próprio jogador.
- **Desafio:** O jogo precisa opor as tentativas do jogador em atingir seu objetivo, através da inclusão de obstáculos. Métodos comuns usados para opor o jogador incluem inimigos, escassez de recursos ou limitações no movimento/ações do jogador. No entanto, é importante que o obstáculo seja apresentado antecipadamente, do contrário o mesmo pode ser julgado como injusto caso o jogador seja pego de surpresa pelas consequências.
- **Oportunidade:** O jogo precisa permitir que o jogador reaja contra os obstáculos introduzidos, possibilitando que este use as ferramentas dada pelo jogo para “derrotá-lo” e conquistar o seu objetivo.

O gênero de jogo utilizado é estratégia, já que este formato permite a utilização de ambos os tipos de potencial educativo, descrito nos próximos tópicos, e também permite a implementação dos elementos lúdicos listado em diversas formas e com potencial para expansão futura em caso de interesse comercial sobre o jogo.

A jogabilidade ocorre em três níveis de detalhe distintos, chamados internamente de escala planetária, estelar e galáctica. O jogador é livre para acessar qualquer um dos níveis, mas muitas das ações do jogador são restritas a níveis específicos, e portanto o jogador deve alternar entre os mesmos a fim de completar seu objetivo. O jogador pode mudar de um nível para outro através do rolamento da roda do mouse.

Imagem 2 - Captura de cena planetária 1



Fonte: autoria própria (2026)

O nível planetário é o de maior relevância para o jogo, permitindo que o jogador explore a superfície de um planeta e construa estruturas ou extraia recursos do mesmo. Cada planeta contém valores que definem sua composição e pressão atmosférica, temperatura, umidade, relevo, tipos e quantidades de recursos presentes. Estes valores variam dependendo da condição em que o planeta foi criado:

- **Atmosfera:** varia tanto em pressão total quanto em composição de gases. A pressão total determina a variação de temperatura na superfície, com pressões maiores amenizando a temperatura do equador e dos polos. A composição de gases é responsável por diversos efeitos secundários dependendo da concentração de cada gás. Os gases e efeitos presentes no jogo estão listados no tópico “Conteúdo Informacional” deste trabalho.
- **Temperatura:** determinado pela distância do planeta a sua estrela. A temperatura de um planeta define os tipos de biomas presentes no planeta e a temperatura máxima presente no equador.
- **Umidade:** determinado aleatoriamente durante a geração, com planetas mais distantes contendo uma umidade do ar mais alta em média. A umidade de um planeta determina a altura do nível do mar, limitando a área do planeta onde estruturas podem ser construídas. A

umidade também define a quantidade de vapor de água na atmosfera e os tipos de biomas presentes no planeta.

- **Relevo:** determina a altura e formato do terreno na superfície do planeta. Estruturas apenas podem ser construídas acima do nível do mar, e a altura do terreno afeta negativamente a temperatura local.

- **Fontes de recursos:** fontes de recursos são uma subcategoria de estruturas que, similarmente às estruturas construídas pelo jogador, existem sobre a superfície de planetas. No entanto, fontes são criadas durante a geração do planeta e não podem ser construídas ou destruídas pelo jogador. Fontes representam posições específicas na superfície onde o jogador é capaz de extrair recursos diretamente, através do uso da ferramenta de atração presente em seu inventário, ou indiretamente, através da construção de brocas de mineração sobre uma fonte. Estes recursos podem então serem usados em outras estruturas conforme necessário. Atualmente, os seguintes recursos podem ser encontrados no protótipo:

- Ferro:** encontrado com frequência em todos os planetas, usado para construção de novas estruturas.

- Petróleo:** encontrado em planetas com biosfera ativa, usado para produção de energia.

- Urânio:** encontrado em baixas quantidades em todos os planetas, usado para produção de energia.

- Água:** encontrado em baixas quantidades em todos os planetas, usado para produção de alimento e energia. A produtividade das fontes deste recurso são afetadas positivamente pela altura do nível do oceano. Adicionalmente, brocas podem ser colocadas diretamente no oceano para extrair este recurso.

- Energia:** apenas produzido e consumido por algumas estruturas do jogador.

- Nutrientes:** produzidos por fazendas, consumido passivamente pela população do planeta.

- Biomassa:** representa a saúde da biosfera presente no planeta. Este valor aumenta gradualmente, sob condição de que a temperatura e umidade do planeta não seja extrema e a concentração de gás carbono e oxigênio na atmosfera esteja equilibrada.

- Combustível de foguete:** um recurso avançado fabricado por plantas de montagem. Usado pela nave do jogador.

--**População:** utilizado, mas não consumido, para operar as estruturas do jogador. Populações consomem nutrientes passivamente e multiplicam-se se a demanda por nutrientes for atendida, ou reduzem em quantidade caso a demanda não seja atendida.

O jogador é capaz de construir diferentes tipos de estrutura, as quais podem realizar funções diversas com base no tipo de estruturas e posicionamento escolhido. Algumas dessas estruturas afetam a composição atmosférica do planeta em que estão posicionadas, potencialmente causando efeitos negativos ao jogador no longo prazo:

- **Usinas termoeletricas:** consomem petróleo ,ou biomassa, e água, produzindo uma alta quantidade de energia no processo. A combustão libera gás carbônico na atmosfera, potencialmente desestabilizando a biosfera do planeta.
- **Painéis solares:** produzem energia passivamente. Entretanto, a produção por estrutura é baixa comparada às usinas de energia, e a produtividade é reduzida com base na distancia do planeta à sua estrela.
- **Usinas nucleares:** consomem urânio e água, e produzem uma alta quantidade de energia no processo. Comparado às termoeletricas, usinas nucleares produzem mais energia por estrutura e por recurso consumido, e não liberam nenhum poluente durante seu funcionamento.
- **Brocas de mineração:** consomem energia e extraem recursos brutos da superfície do planeta, disponibilizando-os para que outras estruturas os usem. Brocas precisam ser colocadas sobre fontes de recursos para funcionarem, limitando o a produtividade por planeta com base no número de fontes presentes.
- **Plantas de montagem:** permite a fabricação de recursos avançados, consumindo energia e recursos brutos durante o processo. Nesta versão inicial do jogo, a única receita disponível é combustível de foguete, usado pela nave do jogador durante a exploração de outros sistemas solares. No entanto, receitas são armazenadas em um registro, permitindo que novas receitas sejam adicionadas rapidamente caso necessário.
- **Fazendas:** consomem água, biomassa e energia, produzindo nutrientes no processo.

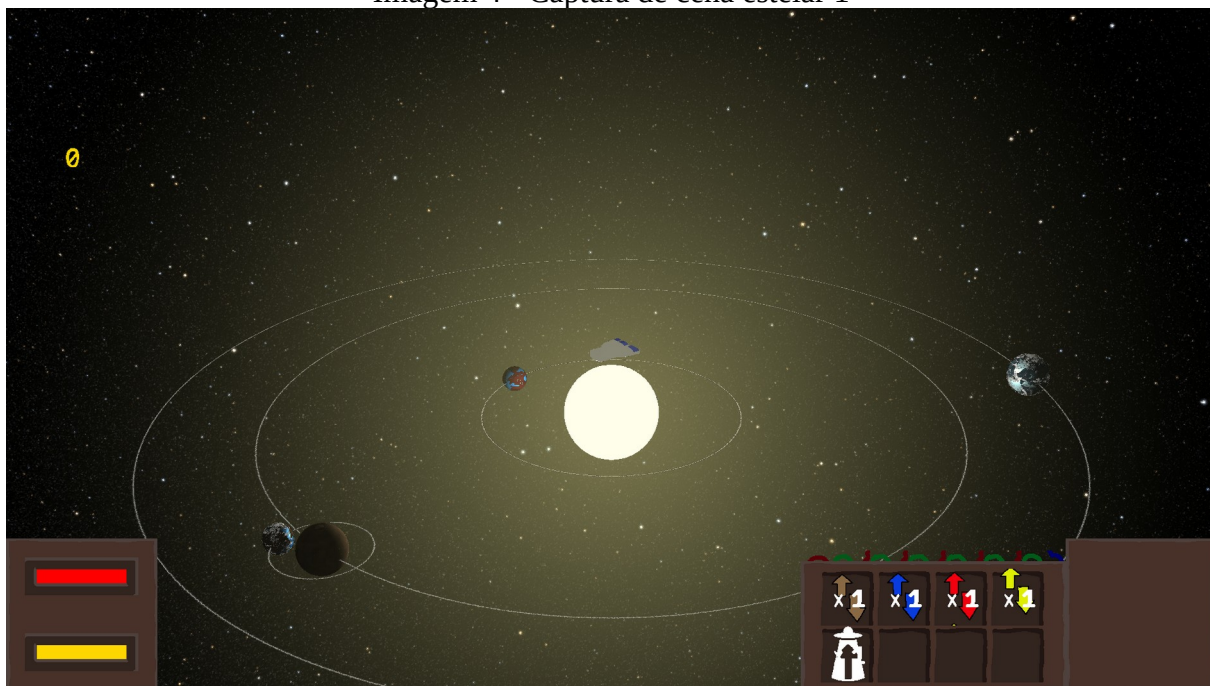
Neste nível, o movimento básico move a nave do jogador em paralelo com o horizonte do planeta, mantendo a nave em uma altura constante em relação ao centro do planeta. A altura de voo pode ser controlada independentemente com a roda do *mouse*. Ao se usar itens, o jogo leva em consideração a posição exata do cursor do *mouse*, tentando aplicar o efeito do item no local apontado pelo cursor, se possível.

Imagem 3 - Captura de cena planetária 2



Fonte: autoria própria (2026)

Imagem 4 - Captura de cena estelar 1



Fonte: autoria própria (2026)

O nível estelar age como um intermediário entre os dois outros níveis. Neste nível, o jogador pode viajar até a superfície de outros planetas presentes no sistema solar atual. Todo sistema solar é gerado ao redor de uma estrela, e o tipo de estrela definido afeta o número, tipo, temperatura e distância máxima dos planetas ao redor. Adicionalmente, o tipo de estrela pode ser usado para afetar a geração de recursos na superfície dos planetas próximos.

Devido a limitações no escopo deste trabalho, as variações de estrelas possíveis são limitadas aos três tipos mais comuns no universo observável (anã vermelha, anã amarela e gigante azul) e seu único efeito na geração dos planetas próximos é a temperatura, com estrelas maiores causando uma temperatura mais alta nos planetas. Os planetas também possuem uma variação especial, planetas gasosos, os quais não possuem superfície, e portanto não podem ser acessados no nível planetário.

Neste nível, o jogador também é capaz de acessar remotamente os planetas próximos através de um menu, sendo capaz de tomar certas ações sem precisar entrar no planeta. Essa possibilidade foi adicionada para facilitar a coleta de itens produzidos em planetas colonizados. No entanto, o jogador não pode construir ou destruir estruturas por este menu, e portanto o nível planetário ainda é essencial para interações diretas com a capacidade de produção do planeta.

A nave se mantém em uma altura constante nesse nível, próximo ao plano horizontal em que os planetas orbitam a estrela. O rolamento da roda do *mouse* aproxima a câmera para a posição da nave, ao invés de alterar a posição da nave como ocorre no nível planetário.

Imagem 5 - Captura de cena estelar 2



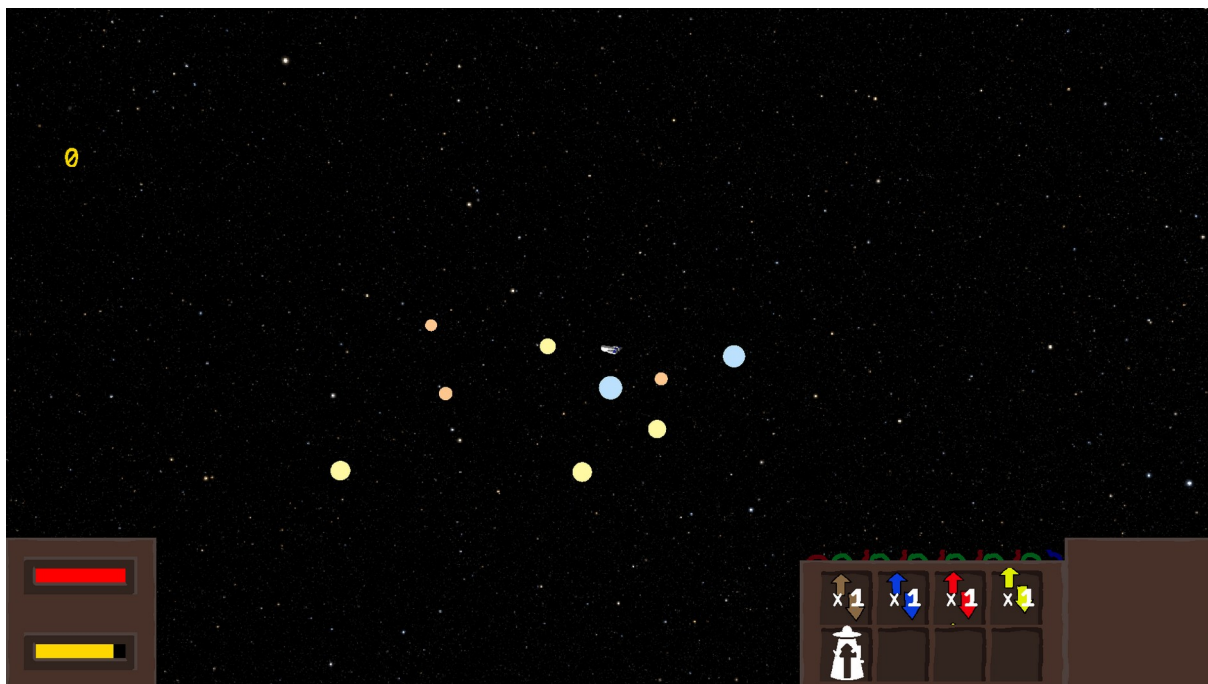
Fonte: autoria própria (2026)

O nível galático possibilita que o jogador viaje entre sistemas estelares, permitindo assim que uma quantidade alta de planetas esteja acessível em um mesmo jogo. A nave do jogador contém um medidor de combustível, representado pela barra amarela no lado inferior esquerdo da tela, e apenas é permitido transitar do nível estelar ao nível galático caso o mesmo não esteja sem combustível. Uma pequena porção de combustível é consumido em caso de sucesso, e por isso é importante que o jogador explore e colonize planetas a fim de produzir combustível continuamente para possibilitar futuras explorações.

Similar ao nível estelar, a nave se mantém em uma altura constante, com os controles do jogador afetando a proximidade da câmera.

A geração de estrelas usa um algoritmo simples, em que uma matriz bidimensional de dimensões predefinidas é preenchida com sistemas solares, aleatoriamente incluindo decimais a fim de desalinhar a posição dos sistemas solares e causar a ilusão de desordem na distribuição espacial das estrelas. A posição numérica truncada das estrelas é usada para definir o identificador nas mesmas, com a estrela na posição $X = 0$ e $Y = 0$ sendo referida com o identificador "0,0", por exemplo. Consequentemente, é facilmente possível encontrar uma estrela no registro através de sua posição original no mapa.

Imagem 6 - Captura de cena galáctica



Fonte: autoria própria (2026)

Estes três níveis permitem o desenvolvimento dos objetivos, desafios e oportunidades necessárias para manter o jogador engajado. O jogador tem como objetivo principal o desenvolvimento de estruturas na superfície dos planetas, extraindo e refinando os recursos presentes e transformando-os em ferramentas necessárias para continuar novos planetas, compondo assim o principal ciclo de *gameplay* do jogo. Futuramente, esse sistema pode ser expandido com mais variedade de recursos e corpos celestiais.

3.3 CONTEÚDO INFORMACIONAL E ESTÍMULO COGNITIVO

O potencial educativo do jogo pode ser dividido em dois tipos. O primeiro, referido neste trabalho como conteúdo informacional, envolve a exposição direta do jogador à informação educativa. Essa exposição pode ser feita através da introdução de textos, audios ou imagens explicativas no jogo, preferencialmente de tal forma que a presença da mesma não interrompa a qualidade lúdica do jogo.

Neste protótipo, a forma utilizada para atender essa categoria foi a implementação de um manual, contendo principalmente informações relevantes à *gameplay* do jogo, mas

também incluindo as informações reais usadas como base para o desenvolvimento de tais mecânicas de *gameplay*. Este manual pode ser acessado a partir do menu principal, e atalhos para páginas específicas do manual podem ser acessadas a partir de botões localizados em menus relevantes. Por exemplo, o menu de visualização da atmosfera planetária, acessível no nível planetário, contém um botão que permite o acesso rápido à categoria de poluentes do ar no manual.

Este método de exposição de informação é propenso a interromper as outras funções do jogo, e portanto deve ser usado limitadamente e requerir ativação manual do usuário a fim de evitar interrupções desagradáveis e entrar em conflito com a ludicidade do programa.

O segundo e final potencial educativo de um jogo é o seu estímulo cognitivo, e envolve a intergração do material educativo às mecânicas de *gameplay* do jogo. Essa categoria também inclui mecânicas que exigem o exercício da capacidade cognitiva do jogador, envolvendo, por exemplo, memória, raciocínio lógico, solução de problemas, cálculos matemáticos, planejamento de longo prazo e administração de recursos, entre outros. Comparado ao conteúdo informacional, o estímulo cognitivo não interrompe o fluxo lúdico do jogo devido a estar integrado ao mesmo, mas essa integração dificulta a sua implementação, restringindo o seu uso para conceitos mais simples. Dessa forma, pode-se usar os conhecimentos mais fundamentais como parte da *gameplay* do jogo, servindo como uma porta de entrada e incentivador para que o jogador aprenda a informação mais complexa.

Para este protótipo, os seguintes componentes atmosféricos foram incluídos no jogo, podendo ser adicionado ou removido das atmosferas planetárias conforme certas condições ocorram:

-Nitrogênio: usado no protótipo como gás de controle da atmosfera, não contendo nenhum efeito. Na realidade, este gás influencia diversas reações químicas na atmosfera, mas devido a sua alta concentração na atmosfera terrestre e incapacidade do mesmo ser usado diretamente pela maioria dos organismos vivos, estas reações foram ignoradas a fim de focar no fator de poluição antropocêntrica do ar. O volume desse gás não pode ser alterado e varia intensamente de planeta para planeta, agindo como principal regulador da pressão atmosférica.

-Oxigênio: produzido passivamente a partir de gás carbônico conforme a biomassa do planeta incrementa.

-Gás carbono: produzido durante a extração e queima de petróleo ou biomassa. A presença de gás carbono influencia o efeito estufa do planeta.

-Dióxido de nitrogênio e poeira: produzido por plantas de montagem e brocas de mineração, respectivamente. Ambos reduzem a saúde da população, decrementando a taxa de multiplicação da mesma. A presença de poeira também abaixa a intensidade solar do planeta, reduzindo a temperatura da atmosfera e produtividade dos painéis solares.

-Metano: produzidos por fazendas durante a produção de nutrientes. Metano é um dos gases que contribui para o efeito estufa.

-Vapor de água: naturalmente regulado pelo planeta com base na umidade e temperatura do mesmo. Vapor d'água influencia o efeito estufa, potencialmente causando uma desestabilização cíclica da temperatura atmosfera.

Devido a limitações de tempo de implementação, não foi possível desenvolver a biosfera dos planetas detalhadamente. Idealmente, tal sistema deveria levar em consideração a temperatura, umidade e pressão atmosférica a fim de simular a estabilidade da biosfera e das espécies componentes. Nesta versão, a qualidade da biosfera é medida inteiramente por um único valor numérico, limitando o uso de diversos gases estudados, particularmente o óxido nitroso e gás carbono, cujo efeito desestabiliza a biologia marinha, e monóxido de carbono, cujos efeitos na saúde humana e no ecossistema é pequeno comparado a outros gases estudados. Futuramente, estes aspectos do protótipo podem ser expandidos a fim de incluir um maior número de poluentes e efeitos atmosféricos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do protótipo atender todas as especificações observadas como importantes conforme o estudo referenciado, há uma perceptível ausência de conteúdo devido à limitação do tempo de implementação. Em especial, a limitação da adaptação dos efeitos nocivos dos gases poluentes estudados, a variedade de corpos celestiais, o baixo número de estruturas e recursos disponível e a ausência de um objetivo final para guiar o jogador impacta a usabilidade do protótipo. No entanto, estes sistemas foram projetados para suportar modificações e inclusões de conteúdo, o que facilitará a correção destes fatores limitantes no futuro. Além disso, o conteúdo presente na versão atual é suficiente para ilustrar a capacidade lúdica e educativa do protótipo, a fim de justificar a expansão futura desejada.

Em relação ao tema de ensino, educação ambiental, pode ser observado que o jogo lúdico permite o aprendizado de forma abrangente, simplificando as informações mais essenciais e ao mesmo tempo tornando acessíveis as partes mais complexas do conhecimento.

Esse fator, junto aos benefícios apontados da ludicidade, implica em um bom potencial de ensino, incluindo em casos de alta importância social. Existem múltiplas situações de cunho político e econômico que impedem a presença real dessa forma de ensino no Brasil, mas, visto que a mesma pode ter influências positivas na população, é válido procurar a aplicação prática delas.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, D. *Attributing Atmospheric Methane to Anthropogenic Emission Sources*. **Accounts of Chemical Research**, v. 49, n. 7, p. 1344-1350. jun. 2016.
- ALVES, E. A. B.; BRANCO, J. C. S. *Possibilidades e desafios do uso de jogos digitais na educação*. **Informação & Informação**, v. 29, n. 2, p. 1-23. abr./jun. 2024.
- BARCELLOS, C. *et al. Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil*. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 285-304, jul./set. 2009.
- CASTRO, P. I. *Jogos digitais gamificados aplicados na educação infantil: Uma revisão integrada*. **Cadernos Cajuína**, Petrolina, v. 9, n. 5, dez. 2024.
- DAMASCENO, R; SIQUEIRA, M. *Tecnologias Educacionais*, 1º edição, Iguatu, jun. 2021.
- ENERGY INSTITUTE, *Statistical Review of World Energy*. **Energy Institute**, Londres, v. 74, 2025.
- FERNANDES, T; HACON, S. S; NOVAIS, J. W. Z. *Mudanças climáticas, poluição do ar e repercussões na saúde humana: Revisão sistemática*. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, p. 138-164. jan./jun. 2021.
- FERRAZ-ALMEIDA, R. *et al. Emissão de Óxido Nitroso em Solos com Diferentes Usos e Manejos: Uma Revisão*. **Revista de Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 201-221, maio/ago. 2015.
- LELIEVELD, J. CRUTZEN, P. J. BRÜHL, C. *Climate effects of atmospheric methane*. **Chemosphere**, v. 26, p. 739-768, 1993.
- MARCATTO, C. *Educação ambiental: conceitos e princípios*. **Fundação Estadual do Meio Ambiente**, set. 2002.
- MENEZES, P. K. *Educação Ambiental*, jan. 2021.
- OLIVEIRA, M. R. N. S. *Tecnologias interativas e educação*. **Educação em Debate**, Fortaleza, ano 21, n. 37, p. 150-156, 1999.

QUEIROZ, A. F. A; FASSARELLA, L; CARDOSO, V. *Jogos Digitais Educativos: fundamentos teóricos e análise de dois casos*. **Ensino da Matemática em Debate**, v. 8, n. 1, p. 116-138. maio 2021.

SANTANA, P. F. C; FORTES, D. X; PORTO, R. A. *Jogos Digitais: A utilização no processo Ensino Aprendizagem*. **Revista Científica da FASETE**, v. 10, n. 10, p. 218-229. jul. 2016.

SOUZA, M. C. R. *et al.* *A Influência dos Compostos Orgânicos Voláteis nas Mudanças Climáticas: Uma breve revisão*. **Revista Virtual de Química**, v. 15, n. 2, p. 1-14, set. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, *Guidelines for indoor air quality: Selected Pollutants*, **World Health Organization**, 2010.