

Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

**DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO EDUCACIONAL: "PLANETA SUSTENTÁVEL:
MISSÃO PRESERVAR" COMO FERRAMENTA DE CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL**

Laura Ferreira Bezerra

Prof. Dr. Leonardo Tórtoro Pereira

Rio Claro (SP)

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

LAURA FERREIRA BEZERRA

DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO EDUCACIONAL:
“PLANETA SUSTENTÁVEL: MISSÃO PRESERVAR”
COMO FERRAMENTA DE CONSCIENTIZAÇÃO
AMBIENTAL

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto
de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de
Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho, para obtenção de grau
de Engenheiro Ambiental.

Rio Claro - SP
2024

B574d

Bezerra, Laura Ferreira

Desenvolvimento de um Jogo Educacional: "Planeta Sustentável: Missão Preservar" como ferramenta de conscientização ambiental / Laura Ferreira Bezerra. -- Rio Claro, 2024

71 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: Leonardo Tórtoro Pereira

1. Sustentabilidade. 2. Resíduos. 3. Escolas Exercícios e jogos. 4. Coleta seletiva de lixo. 5. Jogos. I. Título.

LAURA FERREIRA BEZERRA

DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO EDUCACIONAL:
“PLANETA SUSTENTÁVEL: MISSÃO PRESERVAR”
COMO FERRAMENTA DE CONSCIENTIZAÇÃO
AMBIENTAL

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio
Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Engenheiro Ambiental.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Leonardo Tórtoro Pereira (orientador)

Prof. Dr. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro

Prof. Dr. Milton Cezar Ribeiro

Rio Claro, 26 de novembro de 2024.

Assinatura do(a) aluno(a)

assinatura do(a) orientador(a)

Para o meu pai Carlos Alberto Bezerra

1960-2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Natureza, que nos dá a chance de recomeçar todos os dias e aprender com cada novo amanhecer.

Ao meu pai, que já não está fisicamente entre nós, mas cuja presença e força senti em cada momento desta trajetória. Ao meu irmão e minha cunhada, que me ajudaram a manter a calma mesmo nos momentos de maior turbulência, e à minha irmã, que sempre me fez sorrir e encontrar leveza em meio ao estresse. Mas principalmente agradeço à minha mãe, minha maior companheira, que com dedicação e amor esteve ao meu lado em cada desafio, sou eternamente grata por sua força e apoio incondicional.

Aos meus amigos, que compartilharam essa caminhada e fizeram dela mais leve. Em especial, Luis e Giovana, que pacientemente me escutaram e me apoiaram em momentos de desabafo, não só durante minha jornada acadêmica, mas durante toda minha vida.

Agradeço a família do acampamento IsWe, que me ajudaram a crescer e amadurecer como pessoa, me mostrando o equilíbrio entre felicidade e maturidade.

As amigas da graduação, que estiveram ao meu lado desde o início até o fim. Às meninas da república, que dividiram o cotidiano e contribuíram para tornar cada dia uma lembrança especial.

Agradeço à Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, que tornou possível essa etapa tão significativa da minha vida. E, por meio dela, expressei minha gratidão também aos setores públicos envolvidos, que contribuem para que estudantes como eu possam sonhar e construir um futuro.

Meu agradecimento aos professores que marcaram minha jornada, cada um deles me ensinando que os limites estão na medida do esforço que dedicamos. Ao professor Marcão, meu orientador de Iniciação Científica, que me guiou nas primeiras experiências com a pesquisa acadêmica e me ensinou a ver o valor do conhecimento. E principalmente ao meu orientador Leonardo, que acreditou na minha iniciativa e colaborou com sua orientação essencial para concretizar este projeto.

Por fim, sou grata ao Instituto Coelho, que abriu portas e me mostrou a possibilidade de realizar o sonho de me tornar desenvolvedora de jogos, ajudando-me a vislumbrar um futuro na área e fazendo dessa trajetória uma conquista ainda mais especial.

Que eu continue crescendo, um passo de cada vez, buscando sempre ser melhor e fazer o bem.

“Não quero que outras pessoas decidam
quem sou. Quero decidir por conta
própria.”

- Emma Watson

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso propõe o desenvolvimento de um jogo educacional como ferramenta para promover a conscientização sobre práticas sustentáveis, com ênfase na gestão de resíduos sólidos e na reciclagem. O jogo, intitulado *Planeta Sustentável: Missão Preservar*, foi desenvolvido utilizando a plataforma Unity e programado em C#, com foco no público jovem, visando melhorar a compreensão sobre o descarte correto e a importância da coleta seletiva. Alinhado às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o jogo integra elementos de gamificação para engajar os jogadores em desafios relacionados ao lixo e sua correta destinação. O estudo também inclui uma análise da eficácia do jogo, por meio de um estudo de caso, para avaliar seu impacto no conhecimento e na adoção de práticas sustentáveis entre os jovens. Este projeto, além de propor uma abordagem inovadora para a educação ambiental, contribui para a discussão sobre a necessidade de novas estratégias educacionais que estimulem a reciclagem e a conscientização sobre os problemas ambientais no Brasil, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O trabalho visa não apenas criar um produto funcional, mas também fornecer uma base para futuras melhorias na educação e no comportamento ambiental das próximas gerações.

Palavras-chave: Jogo Sériio; Coleta Seletiva; Sustentabilidade; Jogo Educativo.

ABSTRACT

This thesis proposes the development of an educational game as a tool to promote awareness of sustainable practices, with a focus on waste management and recycling. The game, titled *Sustainable Planet: Mission Preserve*, was developed using the Unity platform and programmed in C#, targeting a young audience to improve their understanding of proper waste disposal and the importance of selective collection. Aligned with the guidelines of the National Common Curricular Base (BNCC) and the National Solid Waste Policy (PNRS), the game integrates gamification elements to engage players in challenges related to waste and its correct disposal. The study also includes an analysis of the game's effectiveness through a case study to assess its impact on knowledge and the adoption of sustainable practices among young people. This project not only proposes an innovative approach to environmental education but also contributes to the discussion on the need for new educational strategies that encourage recycling and awareness of environmental issues in Brazil, in line with the Sustainable Development Goals (SDGs). The work aims to create not only a functional product but also a foundation for future improvements in education and environmental behavior among upcoming generations.

Keywords: Serious Game; Selective Collection; Sustainability; Educational Game.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	14
2.1	Geral	14
2.2	Específicos	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Resíduos Sólidos no Brasil	15
3.2	Resíduos Sólidos Urbanos	16
3.3	Coleta Seletiva	19
3.4	Importância da sustentabilidade para a geração Z	20
3.5	Ligação com a BNCC	23
4	MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1	Revisão Bibliográfica	24
4.2	Jogo sério digital	25
4.3	Materiais	26
4.3.1	Unity	26
4.3.2	Linguagem de programação C#	28
4.3.3	Metodologia	30
4.3.4	Fluxograma de Controle do jogo	30
4.3.5	Tipos de Lixeiras	32
4.3.6	Tipos de Resíduos	35
4.3.7	Pontuação	40
4.3.8	Desenvolvimento	44
4.3.8.1	Programação Orientada a Objetos	45
4.3.8.2	Padrões de Design (Design Patterns)	46
4.3.8.3	Interfaces	47
4.3.8.4	C# Events	49
4.3.8.5	Input System	50
4.3.8.6	State Machine	51
4.3.8.7	Scriptable Objects	52
4.3.8.8	World Canvas	53
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	54
5.1	Coleta e Metodologia do questionário	54
5.2	Análise dos resultados	54
5.2.1	Nível de conhecimento pré-jogo	54
5.2.1.1	Comparação dos Resultados Pré e Pós-Jogo	55
5.2.2	Impacto do jogo sobre os participantes	56
5.2.2.1	Relação material e cor	56
5.2.2.2	Relação resíduo e cor	58

5.2.3	Valorização do jogo e melhorias	61
6	CONCLUSÃO	64
	REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos configura-se como um dos desafios ambientais mais urgentes do século XXI, refletindo a crescente preocupação global com os impactos causados pelo descarte inadequado de materiais. No Brasil, a questão dos resíduos sólidos começou a ganhar maior relevância com a promulgação da Constituição de 1988, que garantiu o saneamento básico como um direito de todos os cidadãos, tornando os municípios responsáveis pela prestação desse serviço. No entanto, foi somente em 2010, com a sanção da Lei 12.305, que o país estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), após mais de duas décadas de debates e negociações.

A PNRS definiu diretrizes claras para a gestão sustentável de resíduos, classificados como qualquer material, substância, objeto ou bem descartado resultante das atividades humanas. Seu objetivo é orientar tanto o setor público quanto o privado para a adoção de práticas que minimizem os danos ambientais e promovam a saúde pública. Porém, apesar da robustez da legislação (Lei nº 12.305/2010), a sua aplicação e eficácia variam significativamente entre as diferentes regiões do país, expondo uma disparidade entre o potencial de reciclagem e a realidade da destinação inadequada de resíduos.

Dentro das diretrizes da PNRS, destaca-se a hierarquia dos 5R's (Reduzir, Reutilizar, Reciclar, Recusar e Repensar) como um conjunto de princípios fundamentais para a gestão de resíduos sólidos. Este modelo visa não apenas a redução na geração de resíduos, mas também um ciclo de vida mais sustentável para os produtos e materiais. No entanto, a aplicação desses conceitos em larga escala ainda enfrenta barreiras significativas, como infraestrutura inadequada, educação ambiental deficiente e uma cultura de consumo que muitas vezes negligencia práticas sustentáveis.

Dados recentes da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2017) reforçam essa realidade: o Brasil produz aproximadamente 78,3 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos anualmente, dos quais uma parcela considerável ainda é descartada de forma inadequada. Esse cenário alarmante contribui para o acúmulo de resíduos em aterros e lixões, além de representar um risco significativo à saúde pública e ao meio ambiente.

Esse descarte inadequado dos resíduos, refletem em impactos ambientais, econômicos e sociais e têm se tornado cada vez mais evidentes. O mau gerenciamento de resíduos contribui para problemas de saúde pública, degradação ambiental e mudanças climáticas. Elementos tóxicos como cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu) e arsênio (As) presentes em resíduos mal descartados como lâmpadas, pilhas, baterias, restos de tintas, cimento, componentes eletrônicos e óleos lubrificantes, contaminam o solo e a água, gerando efeitos adversos para a biodiversidade e a saúde humana (CARVALHO, V. F., 2019). Além disso, o setor de resíduos sólidos é um dos grandes responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa, em particular o metano (CH₄), que é liberado durante a decomposição dos resíduos orgânicos em aterros sanitários.

Outro tipo de resíduo responsável por grande parte da degradação ambiental é o plástico. Embora tenha sido crucial para o avanço tecnológico e econômico devido às suas propriedades, como durabilidade e versatilidade, o plástico representa um problema crescente. Estudos mostram que desde 1950, mais de 8,3 bilhões de toneladas de plástico foram produzidas, mas apenas 9% desse total foi reciclado, com a maior parte dos resíduos acumulando-se em aterros ou poluindo o meio ambiente, onde sua degradação pode levar centenas de anos, gerando um impacto ambiental significativo (RITCHIE; ROSER, 2018).

Ainda que a coleta seletiva tenha avançado, sua abrangência no Brasil é limitada. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (Snis), apenas 32% dos municípios brasileiros contam com algum tipo de serviço de coleta seletiva, e, mesmo nesses lugares, 33% dos cidadãos não fazem a separação correta dos resíduos (MENA, F., 2024). Além disso, a taxa de reciclagem no país é baixa, com apenas 2,1% do total de resíduos sendo efetivamente reciclados. O Ipea (2010) estima que o Brasil perde cerca de R\$ 8 bilhões anualmente ao não aproveitar os resíduos recicláveis.

Além das diretrizes nacionais, a Agenda 2030 das Nações Unidas (ONU), com seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), destaca a importância de uma gestão sustentável de resíduos sólidos no contexto global. O ODS 12, que discorre sobre padrões de consumo e produção responsáveis, estabelece metas claras para a redução da geração de resíduos através de iniciativas de prevenção, redução, reciclagem e reuso. Essa abordagem amplia o escopo da gestão de resíduos ao conectá-la diretamente com os desafios globais da sustentabilidade e a necessidade de mudanças sistêmicas nos padrões de consumo e produção.

Em termos globais, o gerenciamento inadequado de resíduos é um problema generalizado. Países como Alemanha e Suécia, que adotaram modelos de economia circular, são exemplos de sucesso na redução, reuso e reciclagem de resíduos. No entanto, essas práticas ainda não são amplamente replicadas em países em desenvolvimento, como os da América Latina, Ásia e África, onde a urbanização acelerada e o crescimento populacional aumentam a pressão sobre sistemas de descarte.

No Brasil, a questão é ainda mais complexa. Nove anos após a implementação da PNRS, a realidade do país mostra uma persistência de lixões a céu aberto em várias regiões, desafiando os cronogramas estabelecidos pela lei para sua erradicação. Estudos da Abrelpe indicam que 41,6% dos resíduos sólidos urbanos ainda têm destinação inadequada, evidenciando falhas tanto na infraestrutura quanto na gestão pública e privada. Paralelamente, segundo pesquisa da Datafolha, no Brasil 71% da população afirma separar seus resíduos recicláveis, porém o país recicla apenas 4% dos resíduos sólidos com esse potencial, evidenciando a ineficiência do sistema de coleta e triagem, mesmo nas localidades onde esse serviço está disponível (MENA, F., 2024), revelando uma lacuna significativa entre as metas da PNRS e a realidade.

Apesar de as primeiras iniciativas de coleta seletiva no Brasil terem sido implementadas em 1986 (RIBEIRO, 2007) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelecer a norma EF05CI05, que incentiva a criação de propostas para o consumo consciente e o descarte adequado de materiais (BRASIL, 1999), o cenário atual ainda revela grandes desafios. Em 2024, apenas 4% dos resíduos sólidos no Brasil são reciclados, evidenciando que o simples ensino dessas práticas, embora importante, não tem sido suficiente para promover uma mudança significativa. Esse dado ressalta a necessidade de não apenas disseminar o conhecimento, mas também de criar políticas mais eficazes, infraestruturas adequadas e um engajamento mais profundo da sociedade para transformar a realidade ambiental do país.

Segundo Trindade (2011), a coleta seletiva deve ser promovida em diversos ambientes, tanto educacionais quanto profissionais, ampliando seu impacto. No entanto, a implementação dessas iniciativas ainda enfrenta barreiras estruturais e culturais que dificultam a ampla adesão por parte da população. A educação ambiental, conforme definida pela Lei nº 9795/1999, é um componente essencial nesse processo, pois visa transformar hábitos e

atitudes em prol da sustentabilidade, desenvolvendo a consciência crítica e a responsabilidade ambiental nos cidadãos. Isso reforça a importância de ações educativas que não apenas informem, mas também transformem as percepções e práticas da sociedade em relação aos resíduos e ao meio ambiente.

Diante dessa complexidade, é fundamental reconhecer que uma verdadeira transformação sustentável passa, inevitavelmente, pela conscientização das futuras gerações. A geração Z, que cresceu imersa em um ambiente digital e conectada globalmente, possui um papel central nesse cenário. Embora haja uma forte cultura de consumo impulsionada por tendências e aceitação social, essa geração demonstra uma crescente conscientização e desejo de adotar práticas mais sustentáveis. Estudos indicam que uma parcela significativa desses jovens demonstra disposição para adotar práticas mais sustentáveis quando adequadamente informados e incentivados (SOUZA & BENEVIDES, 2005; BERGAMO & GIULIANE, 2009).

Nesse contexto, os jogos digitais surgem como uma ferramenta inovadora e eficaz para engajar e educar esse público. O projeto “Planeta Sustentável: Missão Preservar”, que será explorado ao longo desta pesquisa, utiliza um jogo digital como meio de disseminação de práticas de gestão de resíduos sólidos, criando uma experiência interativa e pedagógica. Ao abordar temas complexos de maneira lúdica e acessível, o jogo visa educar e inspirar os jovens a adotarem hábitos mais sustentáveis em seu cotidiano.

Assim, o presente trabalho busca explorar o potencial da educação ambiental mediada pela tecnologia, destacando como a gamificação pode ser uma ferramenta poderosa na disseminação de práticas sustentáveis e na promoção de um futuro mais equilibrado. A importância da geração Z nesse processo é inegável: com seu engajamento, é possível transformar os padrões de consumo e contribuir de maneira significativa para a construção de uma sociedade mais consciente e sustentável.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um jogo educacional que promova a conscientização e o ensino de práticas sustentáveis, com foco na gestão de resíduos sólidos e reciclagem. O projeto visa não apenas educar, mas também fomentar mudanças

comportamentais, incentivando jogadores a adotarem práticas mais conscientes e sustentáveis em seu dia a dia, alinhando-se às metas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

2.2 Específicos

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver um jogo digital que esteja em conformidade com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), sendo aplicável como ferramenta pedagógica em escolas e outras instituições educacionais.
- Documentar detalhadamente o processo de criação do jogo, incluindo as fases de pesquisa, design, programação, testes e avaliação de impacto, garantindo transparência no desenvolvimento.
- Conduzir um estudo de caso para avaliar a eficácia do jogo como instrumento de conscientização e educação sobre a gestão de resíduos sólidos e reciclagem, especialmente entre os jovens.
- Analisar a receptividade e impacto do jogo em termos de aumento do conhecimento e adoção de práticas sustentáveis pelos jogadores, com ênfase nas gerações mais jovens.
- Aprimorar o jogo com base no feedback dos usuários e nas observações do estudo de caso, visando aumentar sua eficácia como ferramenta educacional e seu potencial de replicação em outras realidades educacionais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Resíduos Sólidos no Brasil

A gestão de resíduos sólidos no Brasil é regulamentada por uma série de leis e normas que visam garantir o correto manejo, tratamento e disposição desses materiais, visando a proteção ambiental e a saúde pública. Um dos marcos mais importantes para o país foi a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305 de 2010, regulamentada pelo Decreto nº 7.404 do mesmo ano. A PNRS estabeleceu diretrizes fundamentais para a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, destacando a responsabilidade compartilhada entre poder público, setor privado e sociedade na redução da geração de resíduos e no incentivo à reciclagem e reutilização.

A PNRS também introduziu o conceito da logística reversa, um dos instrumentos mais inovadores da legislação, que obriga fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes a desenvolver mecanismos para o retorno de produtos após o uso, evitando sua disposição inadequada no meio ambiente. Além disso, a lei preconiza a hierarquia dos 5R's (Reduzir, Reutilizar, Reciclar, Recusar e Repensar), que orienta ações prioritárias no manejo de resíduos, promovendo a minimização dos impactos ambientais desde a fonte geradora.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 10.004/2004, estabelece a classificação dos resíduos sólidos com base em suas características físicas e químicas, categorizando-os entre resíduos perigosos e não perigosos. Essa classificação é essencial para determinar o tratamento adequado e a disposição final dos resíduos, conforme os riscos que oferecem ao meio ambiente e à saúde humana.

No contexto de resíduos sólidos urbanos, que incluem resíduos domiciliares e resíduos de limpeza urbana, os dados apresentados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) indicam que o Brasil gera aproximadamente 82,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano, dos quais uma parcela significativa ainda é descartada de maneira inadequada em aterros e lixões, representando desafios contínuos para a gestão eficiente.

O presente estudo focará nos resíduos sólidos urbanos, especialmente os resíduos domiciliares e de limpeza urbana, que são gerados pelo consumo de bens em áreas urbanas. A análise concentrar-se-á no ensino da coleta seletiva para jovens, com o objetivo de promover maior conscientização e incentivar práticas sustentáveis. Acredita-se que, ao educar as novas gerações, é possível causar um impacto significativo na cultura do descarte e na preocupação com a reciclagem no Brasil.

3.2 Resíduos Sólidos Urbanos

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são uma preocupação crescente em termos ambientais e de gestão pública, especialmente devido ao aumento contínuo da urbanização. Dados do SNIS revelam que, em 2022, a coleta média de RSU no Brasil foi de 0,98 kg/habitante/dia, somando aproximadamente 63,8 milhões de toneladas anuais de resíduos sólidos recolhidos. Em municípios com populações menores, a geração de resíduos tende a ser menor: em cidades com até 30 mil habitantes, a média foi de 0,88 kg/hab.dia, enquanto nas maiores

idades, com mais de 4 milhões de habitantes, o número chegou a 1,14 kg/hab.dia demonstrando a magnitude do desafio enfrentado pelas políticas de gestão de resíduos no Brasil (SNIS, 2022).

Embora a PNRS tenha estabelecido diretrizes claras para a gestão e destinação adequada dos resíduos, a realidade ainda é que aproximadamente 40% dos RSU coletados são destinados de forma inadequada a lixões ou aterros controlados (PUENTES, B., 2022). A coleta seletiva no Brasil por exemplo, alcançou apenas 32,2% dos municípios em 2022, resultando no recolhimento de 1,87 milhão de toneladas de resíduos recicláveis, uma média de

1.147 toneladas por município. O impacto ambiental causado pela má gestão dos resíduos sólidos urbanos vai além da poluição visual. No entanto, a presença desse serviço não garante que os cidadãos efetivamente separem seus resíduos. Embora 54% dos brasileiros afirmem ter coleta seletiva em suas residências, 33% desses não separam os resíduos adequadamente, evidenciando um desperdício de recursos públicos e esforços de gestão.

Por outro lado, com ou sem coleta seletiva, 71% da população brasileira afirma separar seus resíduos recicláveis, mas apenas 51% fazem isso de maneira consistente (Datafolha, 2024). A disparidade entre essa intenção e os dados reais de reciclagem, com apenas 4% dos resíduos sendo efetivamente reciclados, demonstra a necessidade de melhores incentivos para desviar os resíduos de aterros e investir em processos de reciclagem.

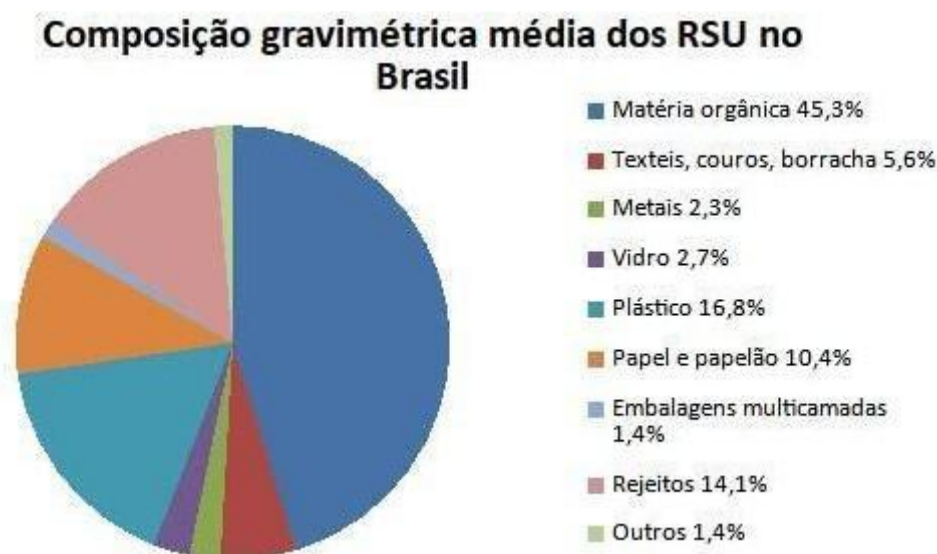
A gestão dos RSU envolve múltiplas etapas: segregação na fonte, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final. A segregação dos resíduos recicláveis, como papel, plástico, metais e vidro, é uma das principais etapas para reduzir o volume de resíduos que chegam aos aterros. No entanto, grande parte dos resíduos recicláveis acaba sendo misturada com resíduos orgânicos, o que dificulta o processo de reciclagem (MENA, F., 2024).

A falta de conscientização sobre a correta separação de resíduos também é evidenciada pelo fato de que 58% dos brasileiros não sabem identificar os ícones de reciclagem nas embalagens (Datafolha, 2024), mostrando que o trabalho educativo ainda é insuficiente. Além disso, essa falta de conscientização estende-se a outros tipos de resíduos, como resíduos eletrônicos, resíduos de serviços de saúde (RSS) e madeira.

De acordo com uma pesquisa realizada pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM, 2023), 85,8% das pessoas afirmaram ter algum produto eletrônico em casa, mas não sabem como descartá-lo. Entre os itens mais comuns estão pilhas e baterias (53,4%), aparelhos de telefone fixo ou celular (41,1%) e aparelhos de computação, como tablets e desktops (39,8%). Esses dados mostram que a população não tem apenas dificuldade em separar resíduos comuns do dia a dia, mas também em lidar com resíduos que requerem tratamento especial, como eletrônicos e materiais perigosos.

Essa falta de conscientização se reflete na composição diversificada dos RSU, que apresenta uma ampla variedade de materiais, ampliando os desafios para sua gestão. No gráfico 1, podemos ver a composição gravimétrica dos RSU no Brasil:

Gráfico 1 – Composição gravimétrica média dos RSU no Brasil



Fonte: HENDGES A., 2021

A matéria orgânica, composta por sobras de alimentos, madeiras e resíduos verdes, é o principal componente, representando 45,3% dos RSU. Já os recicláveis secos somam 35%, sendo compostos principalmente por plásticos (16,8%), papel e papelão (10,4%), vidros (2,7%), metais (2,3%) e embalagens multicamadas, como o Tetra Pak (1,4%). Os rejeitos, que incluem materiais sanitários e resíduos recicláveis contaminados, correspondem a 14,1%. Outros materiais, como resíduos têxteis, couros e borrachas (5,6%), além de resíduos identificados como não pertencentes ao fluxo de RSU, como resíduos de saúde,

eletroeletrônicos, pilhas, baterias, pneus e resíduos de construção e demolição, somam 1,4% e são objetos de logística reversa.

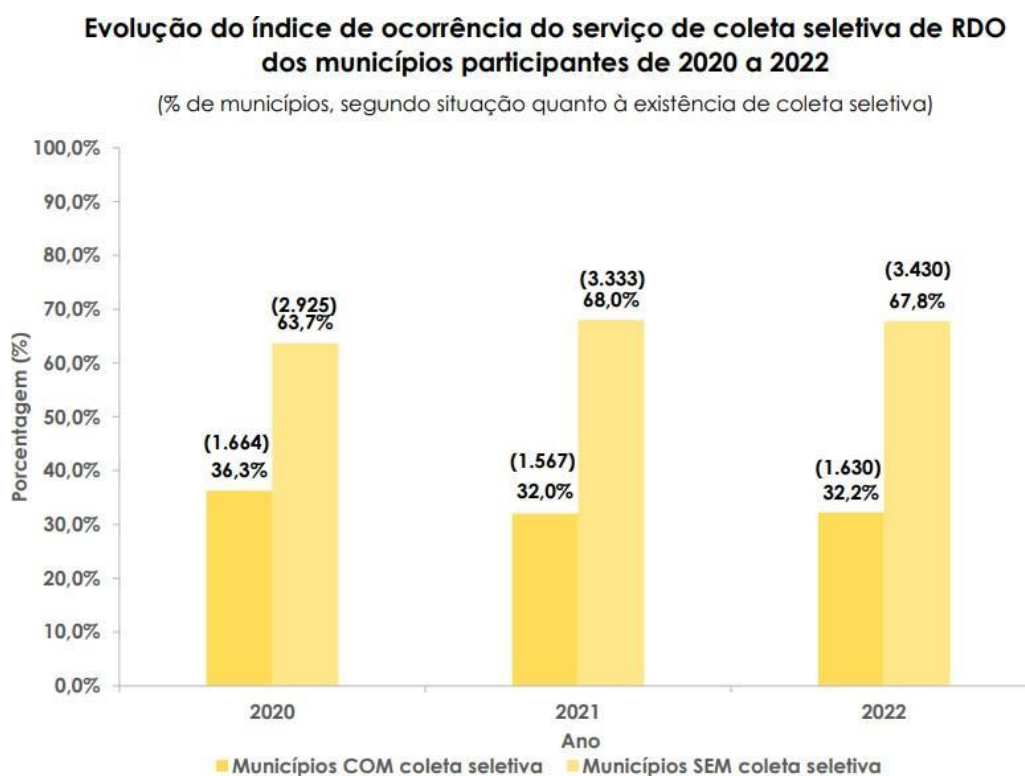
Os impactos negativos do descarte inadequado dos resíduos sólidos são vastos. A disposição inadequada pode resultar na contaminação do solo e das águas subterrâneas por metais pesados e compostos tóxicos, além de contribuir para a emissão de gases de efeito estufa, como o metano, provenientes da decomposição de resíduos orgânicos. Esses resíduos, sem o devido tratamento, são responsáveis pela degradação ambiental e pela proliferação de doenças em áreas urbanas, devido à presença de vetores nocivos.

3.3 Coleta Seletiva

A coleta seletiva é uma etapa essencial dentro do ciclo de gestão de RSU, sendo um dos mecanismos mais eficazes para facilitar a reciclagem e reduzir a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários. Segundo a PNRS, a coleta seletiva é definida como “o processo de coleta de resíduos previamente segregados conforme sua constituição ou composição” (PNRS, 2010). A implementação desse sistema é uma das principais medidas previstas pela PNRS para assegurar a gestão sustentável dos resíduos sólidos nos municípios brasileiros.

Embora a coleta seletiva tenha sido destacada na PNRS como um dos pilares da gestão de resíduos no Brasil, a sua implementação ainda enfrenta desafios significativos. Dados do SNIS mostram que a coleta seletiva está presente em apenas uma fração dos municípios brasileiros, e sua expansão tem sido lenta e desigual, veja no gráfico 2 a seguir:

Gráfico 2 – Evolução do índice de ocorrência do serviço de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares (RDO) dos municípios participantes de 2020 a 2022



Fonte: SNIS. (2022). Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos.

De acordo com levantamento de 2022, dos 5.060 municípios que participaram da pesquisa, apenas 1.630 (32,2%) declararam ter algum tipo de serviço de coleta seletiva institucionalizado pela prefeitura. Este valor é ligeiramente superior ao registrado em 2021, quando 1.567 (32,0%) municípios contavam com o serviço.

Dos 317 municípios que não haviam participado da pesquisa em 2021, 38 indicaram a implantação do serviço em 2022. Além disso, outros 170 municípios que não ofereciam coleta seletiva em 2021 passaram a fazê-lo em 2022, o que mostra um avanço gradual, mas insuficiente, dado o tamanho do desafio nacional. Esses números demonstram que, embora exista um movimento em direção à ampliação da coleta seletiva, a cobertura ainda é limitada, e o avanço ocorre de maneira lenta e fragmentada.

Atualmente, os sistemas de coleta seletiva mais comuns no Brasil são divididos em dois principais modelos. O primeiro é o sistema de coleta porta a porta, no qual os resíduos segregados pelos geradores (principalmente residências e comércio) são deixados nas

calçadas e recolhidos por catadores, cooperativas ou o serviço municipal de coleta (Ciclossoft, 2023). Esse modelo apresenta a vantagem de maior conveniência para a população, incentivando a adesão ao processo de separação de resíduos. O segundo modelo é a entrega voluntária, em que a população é responsável por transportar os resíduos já segregados até pontos de coleta específicos, como ecopontos ou contêineres distribuídos pela cidade. Esse método exige um maior esforço por parte dos cidadãos, o que pode impactar negativamente a participação.

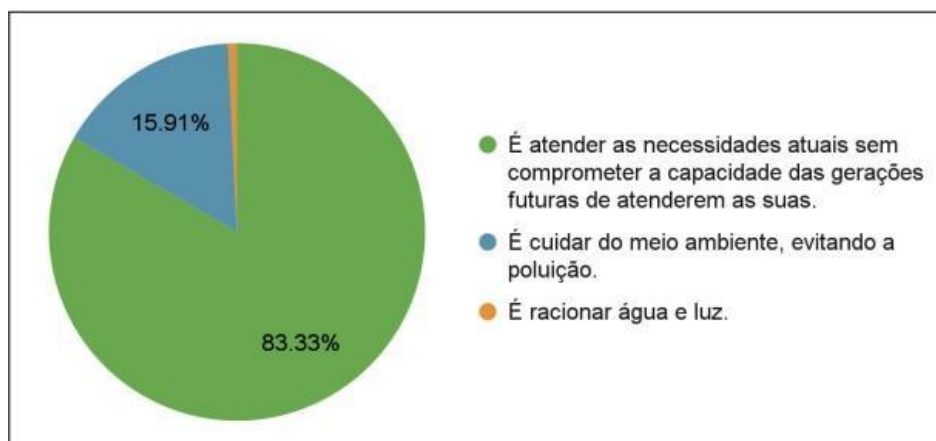
Apesar do avanço da coleta seletiva em algumas áreas, ainda existem grandes obstáculos para que o sistema funcione de maneira eficaz. Um dos principais problemas está na falta de conscientização da população sobre a separação correta dos materiais recicláveis. Muitos brasileiros ainda desconhecem os benefícios e o processo adequado para separar resíduos.

Portanto, a coleta seletiva no Brasil, apesar de sua importância e obrigatoriedade em termos de política pública, ainda está longe de ser uma realidade plenamente consolidada. A necessidade de ampliar a infraestrutura e conscientizar a população sobre a correta segregação dos resíduos é fundamental para que o país possa avançar em direção a uma gestão de resíduos mais eficiente e sustentável.

3.4 Importância da sustentabilidade para a geração Z

A Geração Z composta por indivíduos nascidos nos anos entre 1995 e 2009 (McCRINDLE; WOLFINGER; 2009, apud ZOMER, 2018), tem demonstrado um comprometimento crescente com questões de sustentabilidade e uma compreensão mais crítica sobre o impacto de suas ações no meio ambiente. Em um estudo realizado por Araújo (2021), foi investigada a forma como os jovens da Geração Z compreendem o conceito de sustentabilidade. Como mostra o gráfico 3, 83,33% dos entrevistados optaram pela definição apresentada no Relatório *Our Common Future* (1987), que descreve sustentabilidade como “atender às necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem as suas”. Esse dado demonstra que a maioria dos jovens dessa geração reconhece a complexidade do conceito, indo além de uma visão restrita ao pilar ambiental, compreendendo a sustentabilidade em uma perspectiva mais ampla, que engloba também aspectos sociais e econômicos (ARAÚJO, N., 2021).

Gráfico 3 – Como a geração z define sustentabilidade



Fonte: ARAÚJO, N., 2021.

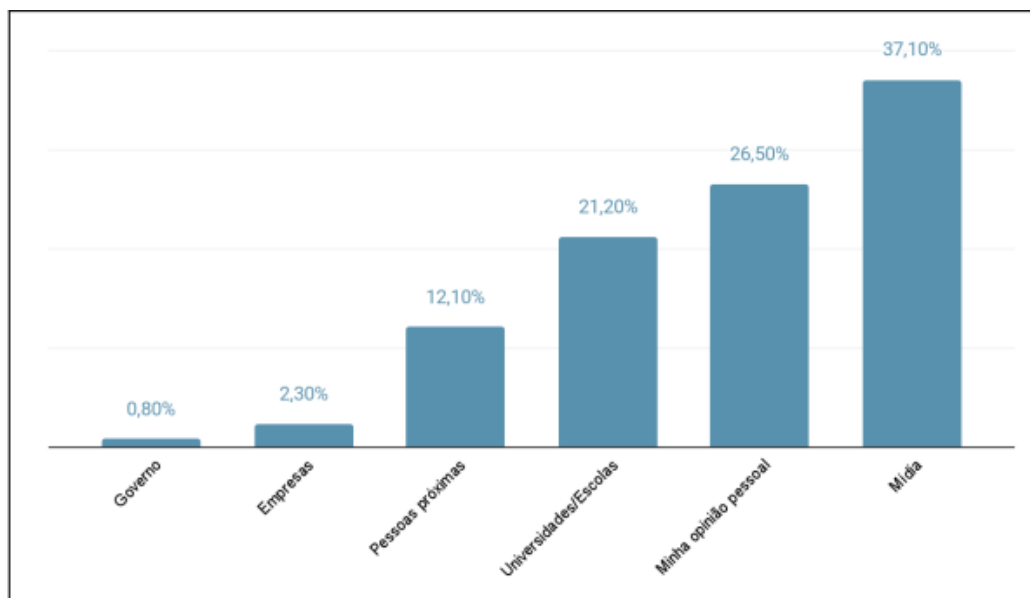
Essa geração também se destaca pela disposição de atuar como agentes de transformação. De acordo com o relatório global *Better Living* (2021), 54% dos jovens da Geração Z afirmam que gostariam de liderar a mudança em direção a um futuro mais sustentável. Essa atitude se reflete na prática, com muitos adotando estilos de vida que favorecem a redução do desperdício, o consumo de produtos recicláveis e a preferência por alimentos orgânicos e de baixo impacto ambiental (Mota et al., 2022).

A sustentabilidade, para essa geração, vai além de um conceito abstrato. Como afirmam Vanzellotti (2014) e Oliveira (2020), as gerações adquirem maior poder através da informação, o que permite que possam exercer seu papel de forma mais consciente. Ainda segundo o estudo realizado por Araújo (2021), 72,70% dos jovens da Geração Z acreditam que as próximas gerações serão mais conscientes que a sua. Essa visão de que o pensamento sustentável se perpetuará de geração em geração reforça o compromisso dos jovens em promover a reciclagem e outras práticas ecológicas que ajudem a mitigar os impactos ambientais.

Além disso, os jovens da Geração Z exercem influência sobre as gerações anteriores, como seus pais e avós. Essa influência intergeracional tem potencial para expandir o debate sobre sustentabilidade e levar mais pessoas a adotar práticas de consumo mais responsáveis. Por meio do ativismo digital e das redes sociais, eles se tornaram defensores ativos da causa ambiental, participando de movimentos globais e incentivando mudanças comportamentais em suas comunidades (RODRIGUES, 2021).

No gráfico 4 a seguir retirado do estudo de Araújo (2021), foi perguntada a uma amostra da geração z quem mais influência eles sobre questões sustentáveis:

Gráfico 4 – Quem mais influencia a geração z sobre questões sustentáveis.



Fonte: ARAÚJO, N., 2021.

Ao analisar os dados, nota-se que a mídia é a principal fonte de influência para 37,10% dos jovens, seguida pela opinião pessoal com 26,50%. No entanto, é importante destacar que 21,20% dos entrevistados afirmam ser influenciados pela escola, reforçando o papel fundamental das instituições de ensino na formação de uma consciência sustentável. Esse dado é particularmente relevante para este estudo, que foca na importância do ensino de reciclagem para crianças do ensino fundamental, evidenciando a escola como um ambiente propício para consolidar práticas sustentáveis desde cedo.

Além disso o estudo também mostrou que apenas 12,10% respondentes da geração z afirmaram ser influenciados por pessoas próximas, deixando mais uma vez claro que os jovens da Geração Z tendem a influenciar suas famílias e amigos, ao invés de serem influenciados por eles, refletindo uma inversão de papéis tradicionalmente observada em gerações anteriores (PETRO, 2022).

Desta forma, a geração Z se posiciona ativamente como protagonista nas questões de sustentabilidade, moldando mercados e influenciando comportamentos tanto das gerações

anteriores quanto das futuras. O fato de serem fortemente influenciados pela mídia e pela educação formal, como evidenciado pela pesquisa, reforça a importância de iniciativas educacionais focadas em sustentabilidade, especialmente no ensino fundamental, para promover práticas como a reciclagem e a gestão de resíduos.

3.5 Ligação com a BNCC

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento normativo que orienta os currículos da educação básica no Brasil, estabelecendo as competências essenciais que todos os estudantes devem desenvolver ao longo de sua trajetória escolar. A BNCC visa promover uma educação de qualidade que prepare os estudantes para os desafios do século XXI, garantindo a formação integral e o desenvolvimento de habilidades cognitivas, socioemocionais e práticas, alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

No contexto do ensino de práticas sustentáveis e gestão de resíduos sólidos, o jogo educacional desenvolvido neste projeto tem como um de seus pilares a integração com as competências da BNCC. Ao alinhar os conteúdos do jogo com essas diretrizes, o objetivo é criar uma experiência de aprendizagem que não apenas instrua os alunos sobre a importância da reciclagem e do consumo consciente, mas que também se torne uma ferramenta pedagógica acessível para os professores, complementando o currículo e facilitando sua adoção em sala de aula.

Por exemplo, a competência EF01CI01 da BNCC propõe que os alunos comparem características de diferentes materiais do cotidiano, discutindo sua origem e modos de descarte. No jogo, essa competência é abordada quando o aluno precisa identificar o material de cada resíduo para separá-lo corretamente, além de compreender quais materiais são recicláveis, biodegradáveis e os que causam maior impacto ambiental. Isso fomenta uma compreensão mais profunda sobre a finitude dos recursos naturais e a importância do descarte adequado, conceitos centrais na educação ambiental.

Da mesma forma, a competência EF02CI02, que propõe a exploração de diferentes materiais para a criação de objetos, é trabalhada no jogo ao discutir o destino dos materiais não recicláveis e o tempo que esses resíduos permanecem no meio ambiente. Nesse contexto, o jogo incentiva o questionamento sobre a substituição de materiais não recicláveis por

alternativas biodegradáveis, estimulando a busca por soluções que minimizem o impacto ambiental.

Outra competência relevante é a EF05CI05, que busca estimular os alunos a desenvolverem propostas coletivas para o consumo consciente e o descarte adequado de resíduos. No jogo, essa competência se reflete na primeira fase, onde os alunos devem identificar e classificar os tipos de resíduos, propondo soluções tecnológicas para a reciclagem e a reutilização de materiais. Essa abordagem reforça o papel da escola como um ambiente crucial para a formação de uma consciência sustentável.

Portanto, ao vincular as competências da BNCC ao conteúdo do jogo, este projeto fortalece a relação entre a gamificação e o currículo escolar, tornando o ensino de sustentabilidade mais atrativo e relevante para os alunos. Essa conexão é fundamental para o propósito do trabalho, uma vez que visa não apenas conscientizar os jovens sobre a importância da reciclagem e da gestão de resíduos sólidos, mas também preparar as futuras gerações para serem agentes ativos na preservação do meio ambiente.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Revisão Bibliográfica

Esta parte da metodologia teve como objetivo investigar as abordagens existentes na literatura acadêmica sobre a educação ambiental voltada para a gestão de resíduos sólidos e a gamificação como ferramenta pedagógica. A pesquisa bibliográfica foi conduzida com foco em identificar conceitos-chave relacionados à coleta seletiva e à conscientização ambiental, além de examinar como jogos educacionais podem apoiar o ensino de práticas sustentáveis.

As buscas foram realizadas em bases de dados acadêmicas reconhecidas, como o Portal de Periódicos da CAPES, Google Acadêmico, e repositórios de universidades brasileiras. As palavras-chave utilizadas incluíram: Resíduos Sólidos, Gestão de Resíduos, Coleta Seletiva, Educação Ambiental, Gamificação no Ensino, Geração Z, e Sustentabilidade.

O processo de revisão teve como objetivo compilar estudos que discutem tanto o cenário atual da gestão de resíduos sólidos no Brasil quanto o impacto da educação ambiental no comportamento das novas gerações, especialmente a Geração Z. A metodologia qualitativa foi

escolhida para a análise crítica dos conteúdos encontrados, visando construir uma base teórica sólida para o desenvolvimento do jogo educacional.

Este estudo adotou como abordagem inicial a coleta de dados e informações, com foco na análise de diversos pontos de vista sobre a eficácia da educação ambiental, através do uso de jogos digitais. As informações obtidas servirão para fundamentar o desenvolvimento das mecânicas do jogo, alinhando os conteúdos às necessidades educacionais.

4.2 Jogo sério digital

Nos últimos anos, o avanço das tecnologias digitais transformou diversas áreas, incluindo a educação. Essa evolução permitiu que novos métodos de ensino, como os jogos digitais, fossem integrados ao ambiente escolar, proporcionando uma forma de aprendizado mais interativa e próxima da realidade cotidiana dos alunos. Um exemplo marcante desse movimento são os jogos sérios (serious games), que são definidos por “jogos desenvolvidos com um propósito educacional, sem ter a função primária de entretenimento – o que não quer dizer que não possa ser divertido” (ABT. C, 1970).

De acordo com Salen e Zimmerman (2012), os jogos são sistemas complexos projetados para engajar os jogadores por meio de interações que geram respostas significativas. Os jogos sérios vão além do entretenimento, utilizando a motivação e o envolvimento dos jogos para fins educacionais. Esses jogos integram tecnologia, narrativa e mecânica de forma a proporcionar desafios progressivos, recompensas e um estado de imersão conhecido como flow, conforme descrito por Csikszentmihalyi (1999).

O uso de jogos sérios é especialmente eficaz com o público jovem, visto que desperta interesse e promove maior sensibilidade ao conteúdo abordado, facilitando a retenção do aprendizado. Como enfatizado por Battaiola (2000), o que diferencia os jogos sérios de outros jogos é a incorporação de critérios didático-pedagógicos, que equilibram os desafios lúdicos e os conteúdos acadêmicos, sem perder o foco no aspecto de diversão.

Esses jogos permitem um aprendizado ativo, onde os jogadores são convidados a descobrir e enfrentar desafios alinhados com o conteúdo pedagógico proposto, como sugerido por Costa (2010). Eles tornam o processo de ensino mais atrativo e significativo,

especialmente em contextos em que as formas tradicionais de aprendizado podem não ser tão eficazes (Lévy, 1999).

Dessa forma, o conceito de jogos sérios digitais se aplica diretamente no desenvolvimento do projeto "Planeta Sustentável: Missão Preservar". Através da gamificação, este projeto não só aborda a gestão de resíduos sólidos e a importância da reciclagem, mas também utiliza a mecânica envolvente e a narrativa atrativa dos jogos sérios para motivar os jovens a se engajarem ativamente no processo de aprendizado. Ao equilibrar diversão e conteúdo pedagógico, o jogo tem o potencial de aumentar a conscientização sobre práticas sustentáveis e, assim, fomentar um comportamento mais responsável em relação ao meio ambiente entre os jovens, contribuindo para a construção de uma sociedade mais consciente e responsável.

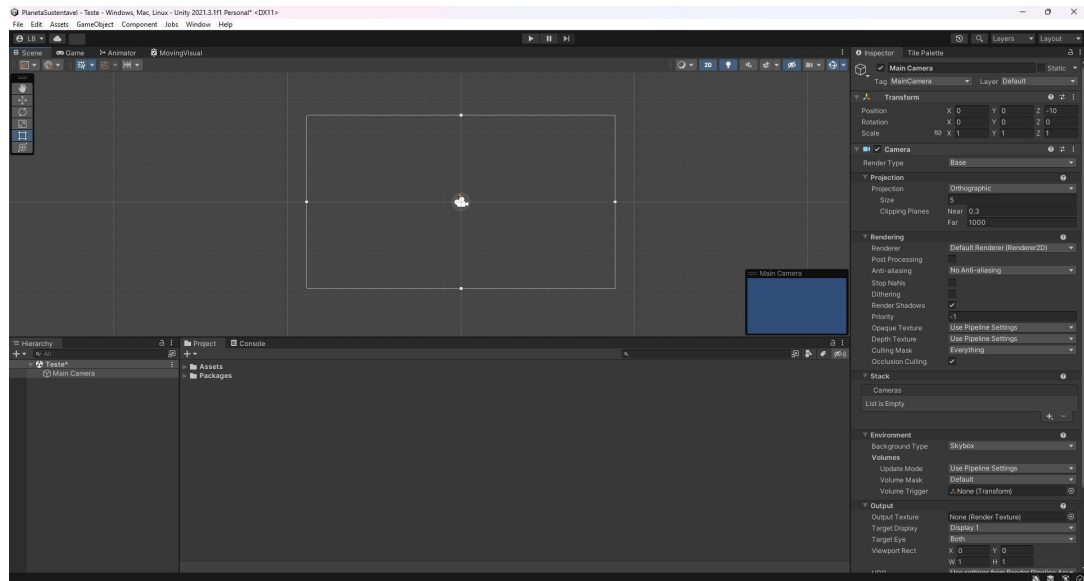
4.3 Materiais

Nesta seção, serão apresentados os materiais utilizados no desenvolvimento do jogo. O projeto foi estruturado com base em tecnologias que favorecem a criação de experiências interativas e envolventes, visando a eficácia pedagógica e o engajamento dos usuários. Os principais materiais empregados incluem a engine Unity, uma plataforma amplamente reconhecida para o desenvolvimento de jogos, e a linguagem de programação C#, que permite a implementação de lógica e interatividade de forma eficiente.

4.3.1 Unity

Unity é uma plataforma de desenvolvimento de jogos amplamente utilizada que permite a criação de experiências interativas em 2D e 3D. Uma das principais vantagens da Unity é sua interface intuitiva, que facilita a prototipagem e o desenvolvimento rápido, permitindo que desenvolvedores, mesmo com experiência limitada, possam criar jogos de alta qualidade. A engine suporta uma ampla gama de dispositivos, incluindo PCs, consoles e dispositivos móveis, o que é particularmente relevante para o público-alvo do projeto, que é composto por jovens.

Figura 1 – Interface da Unity (ambiente de desenvolvimento)



Fonte: autora

A Unity é composta por um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) e uma engine de renderização poderosa. O IDE oferece ferramentas para a criação e manipulação de objetos, scripts, animações e mais. A engine de renderização é capaz de produzir gráficos de alta qualidade tanto em 2D quanto em 3D, utilizando técnicas avançadas de iluminação, sombreamento e física.

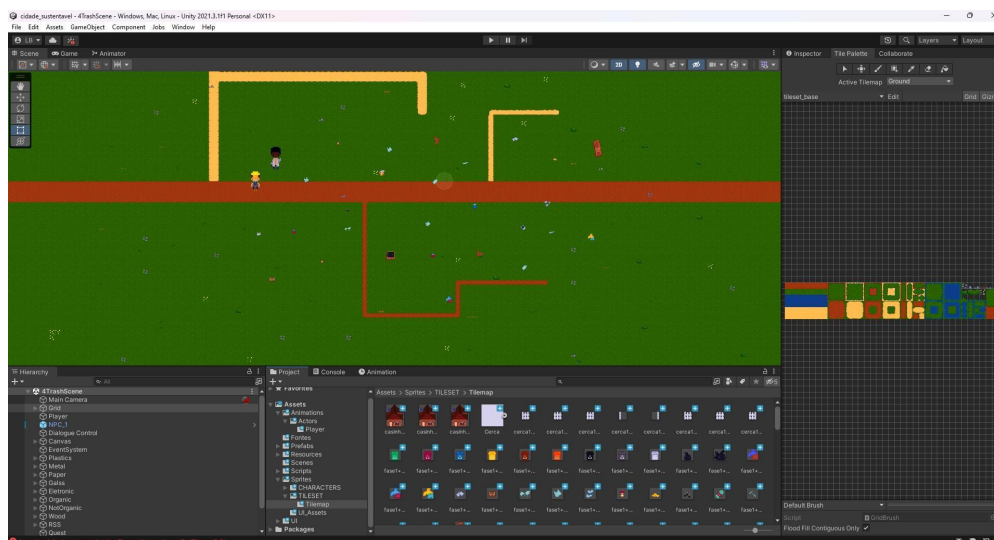
A Unity trabalha com uma hierarquia de objetos, onde cada elemento no jogo é um GameObject. Esses GameObjects podem ter componentes adicionados a eles, como scripts, coliders e renderizadores, que definem seu comportamento e aparência. O desenvolvimento é realizado em uma combinação de editor visual e programação em C#.

Para projetos 2D, a Unity oferece um conjunto robusto de ferramentas e funcionalidades específicas. A plataforma inclui o Tilemap, uma ferramenta que facilita a criação de níveis 2D usando tiles. Além disso, há suporte para sprites, que são gráficos 2D utilizados para representar personagens, objetos e elementos do cenário. A física 2D também é bem suportada, com componentes como Rigidbody2D e Collider2D para manipulação de objetos e detecção de colisões.

Dentro do editor da Unity, é possível alternar entre modos 2D e 3D, ajustando automaticamente a perspectiva da câmera e o comportamento dos componentes para se adequar ao tipo de projeto. Isso facilita a organização e o desenvolvimento de jogos 2D,

permitindo que os desenvolvedores se concentrem nos elementos específicos deste estilo de jogo.

Figura 2 - Editor de Tilemap na Unity utilizado para criar níveis 2D.



Fonte: autora

No contexto do jogo "Planeta Sustentável: Missão Preservar", utilizo a Unity em modo 2D para criar uma interface envolvente e interativa. A escolha do modo 2D foi baseada na necessidade de representar visualmente as ações de coleta e reciclagem de resíduos de uma maneira clara e acessível para os jogadores. A utilização de sprites e animações 2D facilita a visualização dos diferentes tipos de lixo e recipientes de reciclagem, além de proporcionar uma jogabilidade fluida e intuitiva.

4.3.2 Linguagem de programação C#

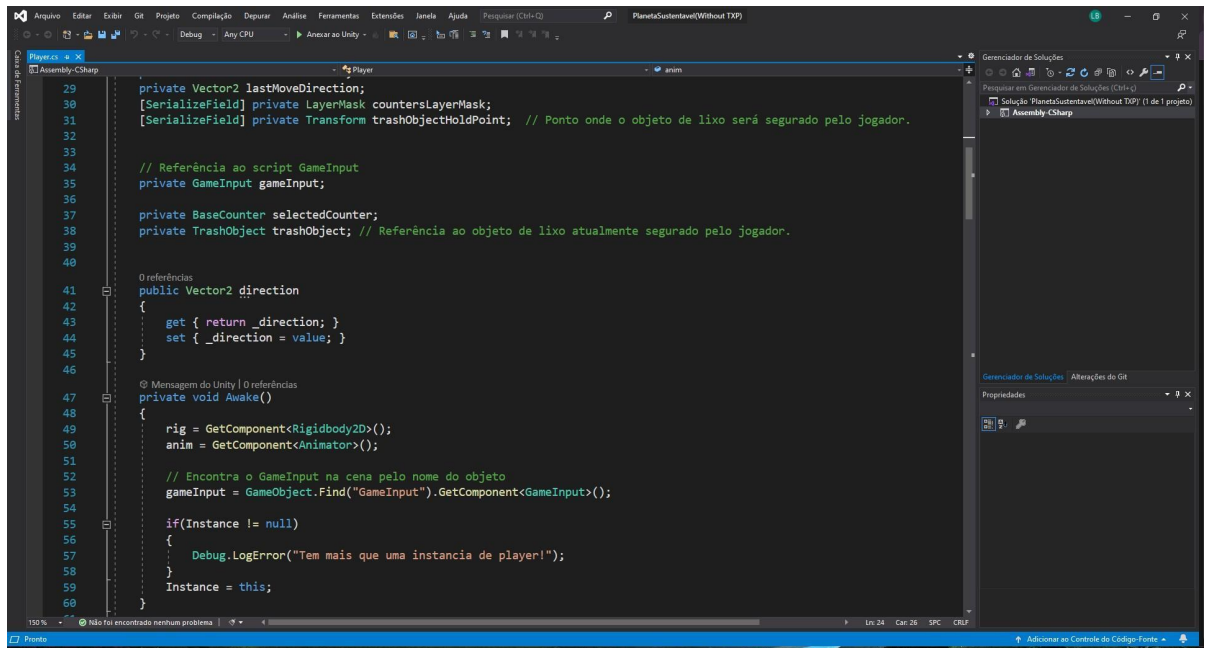
C# é uma linguagem de programação orientada a objetos desenvolvida pela Microsoft e amplamente utilizada no desenvolvimento de jogos na plataforma Unity. A escolha do C# para o projeto se justifica por sua sintaxe clara e fácil de entender, o que a torna ideal tanto para programadores iniciantes quanto para desenvolvedores experientes. A linguagem permite a implementação de lógica de jogo complexa, manipulação de dados e interação com a interface do usuário, sendo fundamental para a construção das mecânicas do jogo.

Uma das principais características do C# é sua capacidade de suporte à programação assíncrona, permitindo que processos complexos sejam executados sem prejudicar a performance do jogo. Isso é particularmente relevante no contexto de jogos sérios, onde a fluidez das interações é crucial para manter o engajamento do jogador. Além disso, C# oferece um rico conjunto de bibliotecas e frameworks que facilitam a implementação de funcionalidades, como animações, controle de física e manipulação de eventos, que são essenciais para criar uma experiência de jogo imersiva e interativa.

Um script em C# na Unity é um arquivo de código que define o comportamento de objetos no jogo. Scripts são componentes que podem ser adicionados a qualquer GameObject na Unity, permitindo que esses objetos realizem ações específicas, interajam com outros objetos e respondam a eventos do jogo. Dentro do script, é possível definir variáveis para armazenar dados, métodos para executar ações e eventos que respondem a interações do usuário ou outras mudanças no jogo. Por exemplo, um script pode controlar o movimento de um personagem, detectar colisões ou gerenciar a lógica de jogo.

No desenvolvimento do jogo deste estudo, os scripts em C# são usados para definir o comportamento dos objetos dentro do jogo, como a interação com o meio ambiente, o descarte correto de resíduos e a aplicação de recompensas ao jogador por ações positivas. A combinação da linguagem C# com a plataforma Unity, portanto, garante um desenvolvimento ágil e eficiente. Veja na figura 3 abaixo um exemplo de script utilizado no jogo.

Figura 3 – Script em C# responsável pelas ações do player.



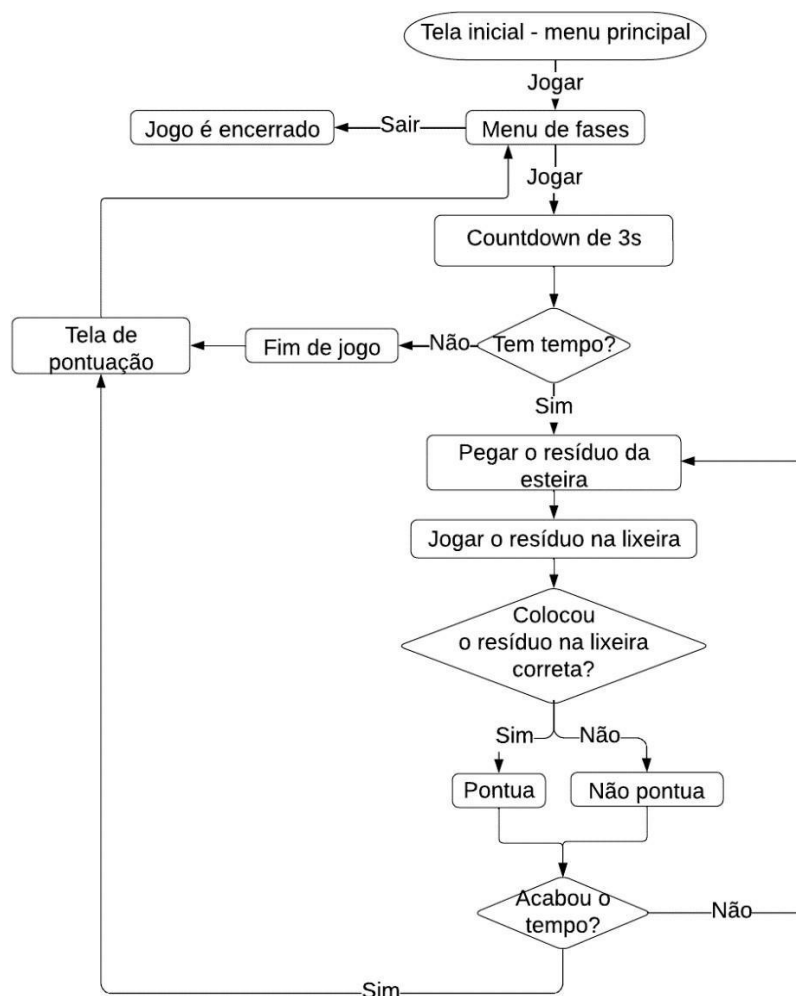
Fonte: autora

4.3.3 Metodologia

4.3.4 Fluxograma de Controle do jogo

Para garantir uma experiência de usuário fluida e intuitiva no jogo, foi desenvolvido um fluxograma de controle detalhado. Este fluxograma ajuda a mapear as principais interações e transições entre as telas e os estados do jogo, assegurando que todos os possíveis caminhos do jogador sejam considerados e devidamente implementados. A seguir, apresentamos a descrição e o fluxograma correspondente:

Figura 4 – Fluxograma de controle de jogo



Fonte: autora

O jogo inicia-se na tela do menu principal, ao selecionar em “jogar”, o jogador é redirecionado para a tela de escolha de fases. Caso o jogador selecione "Sair", o jogo é encerrado. Esta decisão inicial no menu principal é crucial para determinar o fluxo subsequente da interação do usuário com o jogo.

Na tela de escolha de fases, o jogador pode selecionar a fase desejada, no caso, a Fase 1. Ao clicar no botão correspondente, o jogador é direcionado para a tela dessa fase específica. Este momento é acompanhado por um contador regressivo de 3 segundos, que prepara o jogador para o início da fase. Tal mecanismo de contagem regressiva é implementado para garantir que o jogador tenha um breve período de preparação mental antes do início efetivo das atividades do jogo.

Uma vez iniciado, o jogo exibe o tempo restante para a conclusão da fase, proporcionando ao jogador uma percepção clara do limite temporal para a execução das tarefas propostas. Durante a fase, o jogador deve pegar um resíduo que aparece na esteira e colocá-lo na lixeira correta. Este processo é acompanhado de feedback sonoro e visual em caso de acerto, reforçando positivamente o comportamento correto do jogador. Em contrapartida, erros não resultam em penalidades, mas simplesmente na ausência de pontuação adicional, o que evita a desmotivação do jogador e promove uma abordagem de aprendizado através da prática. Ao final do tempo determinado para a fase, a pontuação final do jogador é exibida na tela, oferecendo um resumo de seu desempenho. Nesse ponto, o jogador tem a opção de voltar ao menu principal ou sair do jogo, encerrando assim a sessão de jogo ou iniciando um novo ciclo de interação.

O fluxograma apresentado é essencial para a compreensão das etapas envolvidas no desenvolvimento e na execução do jogo, assegurando que todas as interações do jogador sejam claramente definidas e implementadas. Isso garante uma experiência de usuário satisfatória e educativa, promovendo a assimilação dos conceitos de sustentabilidade e gestão de resíduos de forma eficiente e envolvente.

4.3.5 Tipos de Lixeiras

A implementação da coleta seletiva no Brasil segue um sistema de codificação de cores para diferentes tipos de resíduos, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 275/2001. Essa padronização visa facilitar o processo de separação de resíduos e incentivar práticas sustentáveis, tornando mais eficiente o encaminhamento dos materiais para a reciclagem e reduzindo o impacto ambiental. A Resolução sugere um esquema de cores amplamente adotado tanto por instituições públicas quanto privadas, promovendo uniformidade no descarte de materiais e ajudando a população a entender melhor os conceitos de gestão de resíduos e sustentabilidade. A resolução classifica cada cor representando uma categoria de resíduo específico, sendo as classificações conforme a seguir:

- a) AZUL: papel/papelão;
- b) VERMELHO: plástico;
- c) VERDE: vidro;
- d) AMARELO: metal;
- e) PRETO: madeira;

- f) LARANJA: resíduos perigosos;
- g) BRANCO: resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde;
- h) ROXO: resíduos radioativos;
- i) MARROM: resíduos orgânicos;
- j) CINZA: resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação.

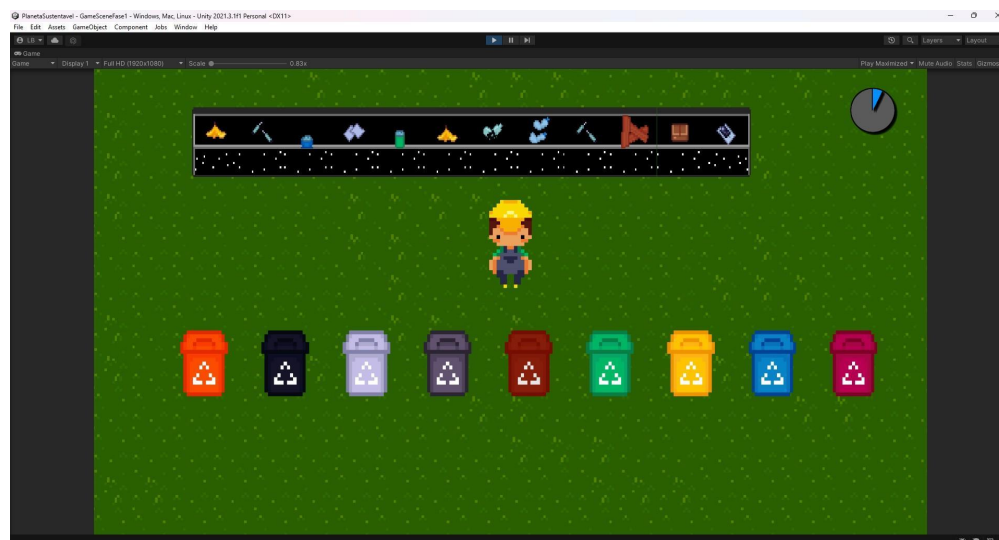
No contexto do jogo educativo deste trabalho, essa padronização desempenha um papel essencial ao criar uma experiência lúdica que introduz conceitos fundamentais de sustentabilidade e coleta seletiva. Cada lixeira presente no jogo é representada com sua cor específica, exceto a cor roxa, destinada a resíduos radioativos, que não é aplicável ao contexto do jogo. A seguir, estão detalhadas as cores alinhadas com a estrutura e a dinâmica do jogo:

- **Azul:** no jogo, a lixeira azul é destinada ao descarte de resíduos de papel e papelão, como folhas, embalagens de papel e outros materiais similares. Esse elemento reforça o reconhecimento da importância de separar materiais que podem ser reciclados, evitando o descarte de papel misturado a outros resíduos.
- **Vermelho:** a lixeira vermelha é dedicada a resíduos plásticos, como garrafas, sacolas e potes. A presença dessa cor no jogo busca sensibilizar os jogadores para o alto impacto do plástico no meio ambiente e a necessidade de destiná-lo corretamente para reciclagem, promovendo a conscientização sobre o consumo de plásticos descartáveis.
- **Verde:** representando o descarte de vidros, a lixeira verde é voltada para o aprendizado sobre o reaproveitamento de garrafas e frascos. No jogo, o vidro ganha atenção especial devido ao seu ciclo de reciclagem completo, que permite sua reutilização contínua sem perda de qualidade.
- **Amarela:** destinada aos resíduos metálicos, como latas e embalagens de alumínio, a lixeira amarela no jogo reforça a ideia de que o metal possui alto valor de reciclagem. Esse tipo de resíduo é importante por seu ciclo de vida sustentável, uma vez que o alumínio, por exemplo, pode ser reciclado infinitamente.
- **Preto:** embora a madeira não seja reciclada como papel ou plástico, ela possui uma lixeira específica para reaproveitamento, e no jogo essa lixeira preta ensina sobre o descarte responsável de móveis e objetos de madeira que ainda podem ser reaproveitados ou tratados para reciclagem em outros contextos.

- **Laranja:** para conscientizar sobre o descarte de resíduos perigosos, a lixeira laranja é incluída no jogo como um recurso educativo. Itens como pilhas e aparelhos eletrônicos, que têm alto potencial poluidor, ensinam os jogadores sobre a importância de separar esses materiais e evitar que contaminem outros resíduos ou o solo.
- **Branco:** a lixeira branca representa resíduos de saúde e ambulatoriais, um importante tópico de educação ambiental para evitar que esses materiais sejam descartados incorretamente. No jogo, ela aparece como um recurso para ensinar sobre os riscos de contaminação e a necessidade de tratamento especializado.
- **Marrom:** a lixeira marrom é voltada para os resíduos orgânicos, promovendo o conceito de compostagem e o reaproveitamento de restos de alimentos e materiais biodegradáveis. No contexto do jogo, os jogadores aprendem a destinar corretamente os resíduos que podem ser compostados, apoiando práticas de agricultura urbana e adubação natural.
- **Cinza:** a lixeira cinza é destinada aos materiais que não são recicláveis, como produtos contaminados ou misturados. Esse componente do jogo esclarece que nem todos os resíduos possuem uma destinação sustentável e que o descarte consciente deve priorizar a separação e o reaproveitamento, minimizando o uso da lixeira cinza.

Esse código de cores busca simplificar e padronizar o processo de separação de resíduos, tornando a coleta seletiva mais acessível e compreensível para a população em geral. No jogo, essa padronização é aplicada para ajudar os jogadores a identificarem rapidamente o destino correto dos resíduos, reforçando o aprendizado de práticas sustentáveis e incentivando a reciclagem.

Figura 5 – Lixeiras implementadas no jogo



Fonte: autora

4.3.6 Tipos de Resíduos

No desenvolvimento de jogos na Unity, o uso de prefabs é uma prática essencial para economizar tempo e facilitar a implementação de elementos reutilizáveis. Um prefab (abreviação de "pre-fabricated object") é uma espécie de "modelo" de um objeto que pode ser instanciado várias vezes com consistência ao longo do jogo.

Prefabs são particularmente úteis em jogos educativos, como o deste projeto, onde múltiplos objetos, como diferentes tipos de resíduos, precisam aparecer de forma repetitiva e com variações visuais. No contexto do jogo sobre descarte correto, cada tipo de resíduo é representado por um prefab específico, alinhado com as categorias de resíduos que os jogadores devem aprender a separar. Abaixo, estão descritos os prefabs criados para cada tipo de resíduo no jogo, detalhando sua aparência e relevância educativa.

- **Resíduos Eletrônicos:** para educar sobre a importância do descarte correto de resíduos eletrônicos, que são altamente poluentes se descartados incorretamente, foram criados três prefabs distintos: uma pilha, um celular e uma TV. Esses elementos simulam itens do cotidiano que possuem componentes eletrônicos, sensibilizando o jogador sobre o impacto do descarte inadequado desses materiais.

Figura 6 – Prefabs representando os resíduos eletrônicos



Fonte: autora

- **Resíduos de Vidro:** representado por um único prefab, a garrafa de vidro, esse tipo de resíduo ensina o jogador sobre o potencial de reciclagem do vidro, material que pode ser reutilizado infinitamente sem perda de qualidade.

Figura 7 – Prefab representando o resíduo de vidro



Fonte: autora

- **Resíduos de Metal:** foram criados seis prefabs de latinhas de alumínio, representando o metal reciclável mais comum. Para ampliar a diversidade visual, essas latinhas aparecem em cores diferentes e podem estar amassadas ou inteiras, oferecendo uma variação que ajuda o jogador a identificar o alumínio como um resíduo de alta reciclagem.

Figura 8 – Prefabs representando os resíduos de metal



Fonte: autora

- **Resíduos Não Recicláveis:** para essa categoria, foram desenvolvidos três prefabs: uma peça de roupa, um pedaço de papel sujo e uma caixa de pizza. Esses itens ilustram materiais que não são recicláveis devido a contaminação ou mistura com outros componentes, reforçando a importância de evitar o uso desnecessário de materiais não recicláveis.

Figura 9 – Prefabs representando os resíduos não orgânicos



Fonte: autora

- **Resíduos Orgânicos:** dois prefabs representam os resíduos orgânicos: uma casca de banana e uma maçã mordida. Esses elementos são comuns no cotidiano e ensinam

sobre a compostagem e a possibilidade de reaproveitamento de restos de alimentos para adubo, em vez de enviá-los a aterros.

Figura 10 – Prefabs representando os resíduos orgânicos



Fonte: autora

- **Resíduos de Papel:** o jogo inclui três prefabs relacionados ao papel: um papel amassado, uma folha sulfite e uma caixa de papelão. Esses objetos destacam o valor do papel reciclável e a importância de separar corretamente materiais que podem ser reaproveitados.

Figura 11 – Prefabs representando os resíduos de papel



Fonte: autora

- **Resíduos Plásticos:** para a categoria de resíduos plásticos, foram criados três prefabs: uma sacola plástica, uma garrafa de água amassada e uma garrafa PET. O plástico

representa um dos maiores desafios para o meio ambiente, e esses elementos ensinam o jogador sobre a necessidade de reciclar e reduzir o consumo de plásticos descartáveis.

Figura 12 – Prefabs representando os resíduos de plástico



Fonte: autora

- **Resíduos de Saúde e Serviços de Saúde (RSS):** para resíduos ambulatoriais e de saúde, que exigem atenção específica para evitar contaminação, foram feitos três prefabs: uma luva, uma máscara e uma seringa. Esses objetos educam sobre o cuidado necessário com o descarte de resíduos de saúde.

Figura 13 – Prefabs representando os resíduos de serviço de saúde (RSS)



Fonte: autora

- **Resíduos de Madeira:** por fim, para a categoria de resíduos de madeira, foram criados dois prefabs que representam pedaços de madeira em diferentes ângulos. Esses elementos ensinam sobre o potencial de reaproveitamento da madeira, que pode ser 1reutilizada em várias situações em vez de ser descartada.

Figura 14 – Prefabs representando os resíduos de madeira



Fonte: autora

Esse conjunto de prefabs permite que os jogadores interajam com diferentes tipos de resíduos de forma visual e prática, reforçando o aprendizado sobre a separação correta e o descarte sustentável.

4.3.7 Pontuação

O sistema de pontuação do jogo foi projetado para promover o aprendizado sobre o descarte correto de resíduos de forma educativa e motivadora, criando uma experiência em que o jogador pode praticar e aperfeiçoar sua compreensão sobre a coleta seletiva. A pontuação e a progressão no jogo são estruturadas para que o aluno se sinta incentivado a melhorar seu desempenho a cada fase, funcionando como uma “prova” em que o erro não é penalizado, mas o acerto é valorizado, reforçando o conhecimento e mantendo o engajamento no aprendizado.

O jogo conta com três fases de dificuldade progressiva, cada uma com uma quantidade maior de lixeiras, simulando os desafios reais do descarte correto de resíduos. Na primeira fase, o jogador é introduzido à mecânica do jogo com apenas três lixeiras – papel, plástico e

metal – permitindo que ele se familiarize com o processo de separação dos resíduos mais comuns de maneira acessível.

Figura 15 – Primeira fase com 3 lixeiras



Fonte: autora

À medida que progride para a segunda fase, o jogador encontra um ambiente com seis lixeiras (papel, plástico, metal, vidro, orgânico e eletrônico), aumentando a complexidade e exigindo um conhecimento mais amplo sobre o descarte correto.

Figura 16 – Segunda fase com 6 lixeiras



Fonte: autora

Por fim, na terceira fase, o desafio é completo, com todas as lixeiras representadas (papel, plástico, metal, vidro, orgânico, eletrônico, não orgânico, resíduos de serviços de saúde e madeira), incentivando o jogador a aplicar e consolidar o aprendizado acumulado nas fases anteriores.

Figura 17 – Terceira fase com 9 lixeiras



Fonte: autora

Cada fase apresenta um limite de tempo de um minuto, adicionando um elemento de desafio e urgência que exige que o jogador tome decisões rápidas e precisas. Essa limitação de tempo tem o objetivo de simular cenários reais onde o descarte de resíduos precisa ser feito de maneira eficiente e responsável. Além de tornar o jogo mais dinâmico, o cronômetro reforça a importância de estar atento às classificações e cores de cada lixeira.

A pontuação é contabilizada de maneira a recompensar cada descarte correto. Para cada resíduo colocado na lixeira adequada, o jogador ganha 50 pontos, que se somam à pontuação total. Esse reforço positivo torna o aprendizado gratificante, incentivando o jogador a buscar sempre o acerto. No entanto, caso o jogador descarte um resíduo na lixeira incorreta, ele não é penalizado – apenas não recebe a pontuação – o que o encoraja a continuar tentando, aprendendo a partir de tentativas e erros sem o desestímulo de perdas ou punições.

Além disso, foram estabelecidas faixas de pontuação que recompensam o progresso do jogador com medalhas, representando diferentes níveis de competência alcançada. Ao

acumular 500 pontos (o equivalente a 10 descartes corretos), o jogador recebe a medalha de bronze, que marca o mínimo necessário para avançar para a próxima fase.

Figura 18 – Tela de pontuação na média



Fonte: autora

Aqueles que atingem 750 pontos (15 descartes corretos) são premiados com a medalha de prata, enquanto 1000 pontos (20 descartes corretos) garantem a medalha de ouro. Essa estrutura de medalhas e pontuações atua como um incentivo adicional para que o jogador melhore sua pontuação, promovendo a continuidade do aprendizado e estimulando o aprimoramento constante no entendimento das práticas de descarte correto.

Figura 19 – Tela de pontuação acima da média



Fonte: autora

Figura 20 – Tela de pontuação máxima



Fonte: autora

Caso o jogador faça menos de 500 pontos, ele não consegue avançar para o próximo nível, incentivando-o a aprimorar sua pontuação e melhorar seu conhecimento a respeito das boas práticas da coleta seletiva.

Figura 21 – Tela de pontuação abaixo da média



Fonte: autora

Esse sistema de pontuação, tempo e progressão foi projetado para que a experiência de jogo não apenas seja educativa, mas também engajante e interativa, reforçando os conceitos de coleta seletiva e descartes responsáveis em um ambiente lúdico e motivacional.

4.3.8 Desenvolvimento

Nesta seção, são abordados os principais conceitos de programação utilizados na implementação do jogo, com foco em práticas avançadas de C# e técnicas específicas da

Unity. Cada conceito é introduzido de maneira geral, seguido por um exemplo prático de sua aplicação no desenvolvimento do jogo. O objetivo é criar uma experiência interativa, consistente e educacional, garantindo funcionalidade e performance por meio de boas práticas de design. Os tópicos a seguir apresentam as técnicas utilizadas para atingir esses objetivos.

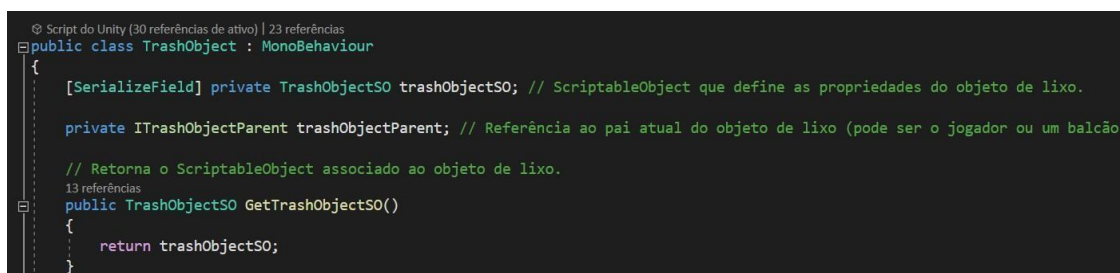
4.3.8.1 Programação Orientada a Objetos

A Programação Orientada a Objetos (POO) é um paradigma que permite organizar o código em torno de objetos, que encapsulam tanto dados quanto comportamentos relacionados. Em C#, a POO facilita o desenvolvimento de sistemas modulares e escaláveis, sendo um dos princípios centrais do jogo para tornar a criação de funcionalidades mais clara e reutilizável.

No jogo, a POO foi aplicada principalmente para estruturar os componentes dos resíduos, utilizando classes para representar diferentes tipos de lixo e seus comportamentos. Essa estrutura modularizada facilita o gerenciamento de resíduos e suas interações no jogo, além de permitir que novos tipos de objetos sejam adicionados de forma eficiente.

O exemplo de código a seguir ilustra a implementação do comportamento de um objeto de resíduo por meio da classe `TrashObject`. Essa classe centraliza funcionalidades comuns aos objetos de lixo, como o posicionamento e associação a um "pai" (por exemplo, o jogador ou uma superfície onde o resíduo é colocado). No código (Figura 22), temos um exemplo de encapsulamento: a variável `trashObjectSO`, que armazena as propriedades do objeto de lixo, é privada e acessada apenas por meio de métodos específicos, protegendo a integridade dos dados.

Figura 22 – Exemplo de código que utiliza POO



```
Script do Unity (30 referências de ativo) | 23 referências
public class TrashObject : MonoBehaviour
{
    [SerializeField] private TrashObjectSO trashObjectSO; // ScriptableObject que define as propriedades do objeto de lixo.

    private ITrashObjectParent trashObjectParent; // Referência ao pai atual do objeto de lixo (pode ser o jogador ou um balcão)

    // Retorna o ScriptableObject associado ao objeto de lixo.
    13 referências
    public TrashObjectSO GetTrashObjectSO()
    {
        return trashObjectSO;
    }
}
```

Fonte: autora

Essa abordagem modular e baseada em POO promove um código organizado e de fácil manutenção, possibilitando futuras expansões com eficiência e mantendo o jogo estruturado.

4.3.8.2 Padrões de Design (Design Patterns)

Padrões de design são soluções recorrentes para problemas comuns de desenvolvimento. Eles ajudam a estruturar o código de forma organizada, facilitando sua manutenção e evolução. No desenvolvimento do jogo, foram aplicados padrões de design clássicos, como o padrão Singleton e o padrão Factory, que são amplamente utilizados em projetos de jogos.

Figura 23 – Exemplo de código que utiliza design pattern

```
private void Start()
{
    // Associa os eventos de spawn e remoção de lixo
    trashSpawnerCounter.OnTrashSpawned += TrashSpawnerCounter_OnTrashSpawned;
    trashSpawnerCounter.OnTrashRemoved += TrashSpawnerCounter_OnTrashRemoved;
}

// Quando o lixo é removido (sem argumentos adicionais no evento)
1 referência
private void TrashSpawnerCounter_OnTrashRemoved(object sender, System.EventArgs e)
{
    if (trashVisualGameObjectList.Count > 0)
    {
        // Remove o último objeto visual da lista e destrói
        GameObject trashGameObject = trashVisualGameObjectList[trashVisualGameObjectList.Count - 1];
        trashVisualGameObjectList.Remove(trashGameObject);
        Destroy(trashGameObject);
    }
}

// Quando um novo objeto de lixo é spawnado
1 referência
private void TrashSpawnerCounter_OnTrashSpawned(object sender, TrashSpawnedEventArgs e)
{
    // Usa o prefab do objeto de lixo específico gerado no TrashSpawnerCounter
    Transform trashVisualTransform = Instantiate(trashSpawnerCounter.lastSpawnedPrefab, counterTopPoint); // Usa

    // Define a posição vertical, empilhando objetos se necessário
    float trashOffsetY = .1f;
    trashVisualTransform.localPosition = new Vector3(0, trashOffsetY * trashVisualGameObjectList.Count, 0);

    // Adiciona o objeto visual à lista
    trashVisualGameObjectList.Add(trashVisualTransform.gameObject);
}
```

Fonte: autora

O padrão Factory, por exemplo, foi implementado na classe TrashSpawnerCounterVisual. Esse padrão permite a criação dinâmica de objetos de lixo (os “prefabs”), facilitando a expansão do jogo com novos tipos de resíduos sem a necessidade de modificar extensivamente o código existente.

No código (Figura 23), a classe `TrashSpawnerCounterVisual` se associa a eventos que sinalizam quando um novo objeto de lixo é spawnado ou removido. O método `TrashSpawnerCounter_OnTrashSpawned` é acionado quando um novo objeto de lixo é gerado, utilizando o prefab específico armazenado em `trashSpawnerCounter.lastSpawnedPrefab`. Essa abordagem exemplifica o padrão `Factory`, onde a instância do prefab é criada de forma centralizada e reutilizável.

Quando o lixo é removido, o evento `TrashSpawnerCounter_OnTrashRemoved` é acionado, que gerencia a remoção do objeto visual correspondente da lista, garantindo que o estado do jogo seja mantido de maneira coerente. Essa implementação não apenas promove a reutilização de código, mas também mantém a organização e facilita a manutenção, uma vez que novas funcionalidades podem ser adicionadas sem grandes alterações na estrutura existente.

4.3.8.3 Interfaces

Interfaces são fundamentais em programação, definindo um conjunto de métodos e propriedades que uma classe deve implementar. Em `C#`, as interfaces garantem que diferentes classes compartilhem comportamentos comuns, permitindo um código mais modular e organizado.

Figura 24 – Exemplo de código que utiliza Interface

```

1  // Interface que define o comportamento dos objetos que podem atuar como pais de um TrashObject.
2
3  using System.Collections;
4  using System.Collections.Generic;
5  using UnityEngine;
6
7  7 referências
8  public interface ITrashObjectParent
9  {
10     // Retorna o ponto onde o objeto de lixo deve seguir.
11     3 referências
12     public Transform GetTrashObjectFollowTransform();
13
14     // Define o objeto de lixo associado a este pai.
15     3 referências
16     public void SetTrashObject(TrashObject trashObject);
17
18     // Retorna o objeto de lixo atualmente associado a este pai.
19     36 referências
20     public TrashObject GetTrashObject();
21
22     // Limpa a referência ao objeto de lixo (quando o objeto de lixo é removido).
23     5 referências
24     public void ClearTrashObject();
25
26     // Verifica se este pai já possui um objeto de lixo.
27     20 referências
28     public bool HasTrashObject();
29 }

```

Fonte: autora

No contexto do desenvolvimento do jogo, as interfaces foram essenciais para estabelecer padrões de comportamento entre diferentes classes, facilitando a comunicação eficiente e a implementação das interações necessárias. A interface `ITrashObjectParent`, por exemplo, especifica os métodos que permitem o manejo e a manipulação dos objetos de resíduos pelo jogador.

No código (Figura 24), a interface `ITrashObjectParent` define métodos cruciais, como `GetTrashObjectFollowTransform`, que retorna o ponto onde o objeto de lixo deve seguir, e `SetTrashObject`, que associa um objeto de lixo ao pai atual (como o jogador ou uma superfície). Além disso, métodos como `ClearTrashObject` e `HasTrashObject` garantem que o gerenciamento dos resíduos seja feito de forma clara e eficiente.

Essa abordagem promove o reuso de código, pois qualquer nova classe que implemente a interface `ITrashObjectParent` deve seguir os mesmos princípios de comportamento. Isso facilita a adição de novos objetos que interagem com os resíduos no futuro, mantendo a estrutura do código modular e extensível, essencial para a manutenção e evolução do jogo.

4.3.8.4 C# Events

Eventos são um mecanismo em C# que permite que uma ação dispare reações em diferentes partes do código, facilitando a criação de programas que respondem a ações do usuário, como cliques ou comandos. No desenvolvimento do jogo, os eventos foram aplicados para criar um sistema interativo e responsivo, especialmente em áreas como o gerenciamento de pontuação e a troca de fases.

Figura 25 – Exemplo de código que utiliza C# Events

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using System;

Script do Unity (2 referências de ativo) | 10 referências
public class TrashBinManager : MonoBehaviour
{
    public event EventHandler OnDeliveryTrashSucess;
    public event EventHandler OnDeliveryTrashFailed;

    11 referências
    public static TrashBinManager Instance { get; private set; }

    private int successfulDeliveredTrashAmount;
    private int score;
}
```

Fonte: autora

Um exemplo claro do uso de eventos pode ser visto na classe TrashBinManager (Figura 25). Essa classe utiliza eventos como OnDeliveryTrashSucess e OnDeliveryTrashFailed, que são disparados quando o jogador entrega um resíduo, dependendo se a entrega foi correta ou não. Quando o jogador descarta corretamente um resíduo, o evento OnDeliveryTrashSucess é invocado, permitindo que diferentes partes do jogo, como a interface do usuário, atualizem a pontuação ou exibam mensagens de feedback.

Além disso, essa abordagem promove um código mais organizado e menos acoplado, pois cada parte do sistema pode reagir de maneira independente aos eventos disparados, sem a necessidade de interdependência. Isso facilita a manutenção e a evolução do código, permitindo a adição de novas funcionalidades sem comprometer as já existentes. O uso de eventos contribui para uma experiência de jogo mais dinâmica e envolvente, onde as ações do jogador geram respostas imediatas no jogo.

4.3.8.5 Input System

O Unity Input System é uma ferramenta poderosa para capturar entradas do usuário, como cliques ou toques no teclado, e associá-las a ações específicas no jogo. Ele permite o mapeamento flexível de controles, o que é crucial para garantir que o jogo funcione em diferentes dispositivos e ofereça uma experiência de jogabilidade intuitiva.

Figura 26 – Exemplo de código que utiliza Input System

```
2 referências
private void Pause_performed(UnityEngine.InputSystem.InputAction.CallbackContext obj)
{
    OnPauseAction?.Invoke(this, EventArgs.Empty);
}

2 referências
private void InteractAlternate_performed(UnityEngine.InputSystem.InputAction.CallbackContext obj)
{
    OnInteractAlternateAction?.Invoke(this, EventArgs.Empty);
}

2 referências
private void Interact_performed(UnityEngine.InputSystem.InputAction.CallbackContext obj)
{
    // Quando a ação de interação é realizada, dispara o evento OnInteractAction.
    if (OnInteractAction != null)
    {
        OnInteractAction(this, EventArgs.Empty);
    }
}

1 referência
public Vector2 GetMovementInput()
{
    // Retorna o valor da input de movimento do jogador.
    return playerInputActions.Player.Move.ReadValue<Vector2>();
}
```

Fonte: autora

No desenvolvimento do jogo, o Unity Input System foi implementado para aprimorar a jogabilidade, permitindo que os controles do jogador sejam mapeados de forma personalizável. O script `GameInput`, por exemplo (Figura 26), gerencia todas as entradas do jogador e utiliza eventos para responder a interações. Ao inicializar, ele associa as ações de interação a métodos específicos, como `Interact_performed`, que dispara o evento `OnInteractAction` quando o jogador realiza uma ação de interação.

Além disso, o sistema suporta tanto entradas de teclado quanto de controle, facilitando a adaptação do jogo a diferentes plataformas. Com o método `GetMovementInput`, o script retorna o valor da entrada de movimento do jogador, permitindo que a movimentação seja controlada de forma consistente, independentemente do dispositivo. Essa flexibilidade não apenas melhora a acessibilidade do jogo, mas também garante que a experiência do usuário

permaneça fluida e envolvente, independentemente da forma como o jogador escolhe interagir com o jogo.

4.3.8.6 State Machine

Uma *State Machine* (máquina de estados) é uma estrutura que permite que um objeto alterne entre diferentes comportamentos com base em seu estado atual. Cada estado representa uma situação única, e o objeto reage de maneira específica ao transitar de um estado para outro. Esse conceito é fundamental no desenvolvimento de jogos, pois permite um gerenciamento claro e eficaz das interações e comportamentos dos objetos.

Figura 27 – Exemplo de código que utiliza State Machine

```
private void Update()
{
    if (HasTrashObject())
    {
        switch (state)
        {
            case State.Idle:
                break;
            case State.Frying:
                fryingTimer += Time.deltaTime;

                OnProgressChanged?.Invoke(this, new IHasProgress.OnProgressChangedEventArgs
                {
                    progressNormalized = fryingTimer / fryingRecipeSO.fryingTimerMax
                });

                if (fryingTimer > fryingRecipeSO.fryingTimerMax)
                {
                    //Fritando
                    GetTrashObject().DestroySelf();

                    TrashObject.SpawnTrashObject(fryingRecipeSO.output, this);

                    state = State.Fried;
                    burningTimer = 0f;
                    burningRecipeSO = GetBurningRecipeSOWithInput(GetTrashObject().GetTrashObjectSO());

                    OnStateChanged?.Invoke(this, new OnStateChangedEventArgs
                    {
                        state = state
                    });
                }
                break;
        }
    }
}
```

Fonte: autora

No jogo, a implementação de uma *State Machine* foi essencial para controlar o comportamento dos objetos de resíduo, que alternam entre diferentes estados, como coletável, transportável e descartado. Um exemplo dessa implementação pode ser visto no script *StoveCounter* (Figura 27), um script que é utilizado em uma fase futura do jogo, o qual define os estados de um objeto em diferentes fases de processamento de resíduos. Os estados

incluem Idle, Frying, Fried e Burned, cada um correspondendo a um comportamento específico do objeto.

No método Update, a máquina de estados gerencia a lógica de transição entre esses estados. Por exemplo, quando o objeto está no estado Frying, um temporizador é utilizado para rastrear o tempo de fritura. Se o tempo ultrapassar um valor definido, o estado muda para Fried, e o objeto é processado conforme as regras estabelecidas. Além disso, eventos são disparados para notificar outras partes do sistema sobre as mudanças de estado, permitindo uma comunicação eficiente entre os componentes do jogo. Essa abordagem não apenas facilita a manutenção do código, mas também garante que cada fase do jogo funcione de forma clara e organizada, com regras e comportamentos únicos para cada estado.

4.3.8.7 Scriptable Objects

Os Scriptable Objects são recursos do Unity que permitem armazenar dados de maneira centralizada, facilitando a criação e o gerenciamento de informações ao longo do desenvolvimento do jogo. Eles são especialmente úteis para guardar configurações e dados persistentes, como estatísticas de jogo ou informações de itens, que podem ser acessados por diferentes partes do código sem a necessidade de recriar objetos durante a execução.

Figura 28 – Exemplo de código que utiliza Scriptable Object

```

[CreateAssetMenu()]
Script de Unity | 41 referências
public class TrashObjectSO : ScriptableObject
{
    public List<Transform> prefabs; // Prefab do objeto de lixo.
    public Sprite sprite; // Sprite associado ao objeto de lixo.
    public string objectName; // Nome do objeto de lixo.
    public TrashType trashType;

    // Método para obter um prefab aleatório da lista.
    2 referências
    public Transform GetRandomPrefab()
    {
        if (prefabs == null || prefabs.Count == 0)
        {
            Debug.LogError("Nenhum prefab definido na lista.");
            return null;
        }
        int randomIndex = Random.Range(0, prefabs.Count);
        return prefabs[randomIndex];
    }
}

```

Fonte: autora

No desenvolvimento do jogo, os Scriptable Objects foram utilizados para centralizar os dados dos objetos de resíduo, permitindo que informações como tipo de resíduo, pontos de reciclagem e cores associadas fossem facilmente acessadas por diversos scripts e ajustadas diretamente na interface do Unity. Por exemplo, um Scriptable Object chamado TrashObjectSO (Figura 28) armazena as características de cada tipo de resíduo, evitando a necessidade de hardcoding (código fixo) no script principal.

Esse uso de Scriptable Objects promove um fluxo de trabalho mais modular, diminuindo o acoplamento entre scripts, já que as informações podem ser modificadas independentemente do código que as utiliza. Isso facilita a criação de novos tipos de resíduos ou ajustes nas propriedades para futuros upgrades do jogo, permitindo uma expansão eficiente e reduzindo a necessidade de modificações extensivas no código.

4.3.8.8 World Canvas

O *World Canvas* é um tipo de interface visual na Unity que se posiciona diretamente no espaço 3D do jogo, permitindo a exibição de informações no campo de visão do jogador. Essa

abordagem melhora a imersão, pois os elementos da interface estão integrados ao ambiente do jogo, facilitando a visualização de dados relevantes durante a experiência de jogo.

Para garantir que a interface do usuário (UI) seja intuitiva e facilmente acessível, o *World Canvas* foi utilizado para posicionar elementos de interface diretamente no mundo do jogo em 2D. Esse recurso foi empregado para exibir a pontuação e o tempo restante de cada fase (Figuras 18-21), informações que são constantemente atualizadas e visíveis enquanto o jogador explora o ambiente.

A exibição de feedback direto no campo de visão do jogador não apenas aumenta a imersão, mas também facilita a visualização dos indicadores de desempenho, permitindo que os jogadores tomem decisões mais informadas e estratégicas durante o jogo. Ao incorporar o *World Canvas*, a interface se torna parte integrante da narrativa visual do jogo, aprimorando a experiência do usuário e a dinâmica de jogo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Coleta e Metodologia do questionário

Como parte da pesquisa para avaliar o impacto do jogo desenvolvido, foi realizado um questionário dividido em duas etapas, uma antes e outra após os participantes jogarem o jogo. O objetivo principal do questionário era avaliar o conhecimento prévio dos participantes sobre o descarte de resíduos sólidos e identificar mudanças na percepção e aprendizado após a experiência com o jogo.

O questionário contou com a participação de 16 pessoas, selecionadas de forma voluntária, com idades e perfis diversos, permitindo uma visão abrangente sobre a recepção do jogo. Ele esteve disponível entre os dias 04 e 8 de novembro de 2024 e foi estruturado da seguinte forma:

1. **Pré-jogo:** 16 perguntas de múltipla escolha, visando mapear o nível inicial de conhecimento e percepção dos participantes sobre práticas sustentáveis e descarte correto de resíduos.
2. **Pós-jogo:** 11 perguntas de múltipla escolha e 3 perguntas discursivas, buscando avaliar a experiência de aprendizado, a usabilidade do jogo e possíveis mudanças na visão dos participantes sobre a temática.

Os participantes foram instruídos a acessar o questionário antes de jogar o jogo e completá-lo após a experiência, garantindo um fluxo lógico de respostas. A aplicação ocorreu de maneira remota, com anonimato garantido e flexibilidade para o participante responder em seu tempo.

5.2 Análise dos resultados

Os resultados obtidos foram analisados considerando o impacto do jogo no conhecimento dos participantes sobre o descarte correto de resíduos sólidos e o feedback fornecido sobre a usabilidade e design do jogo.

5.2.1 Nível de conhecimento pré-jogo

O questionário aplicado antes da interação com o jogo teve como objetivo avaliar o conhecimento inicial dos participantes sobre reciclagem, coleta seletiva e descarte adequado de resíduos. Os resultados indicaram um conhecimento inicial sólido sobre a importância da reciclagem (média de 4,94, com desvio padrão de 0,24), evidenciando consenso entre os participantes. Entretanto, os tópicos relacionados ao conhecimento dos tipos de materiais recicláveis (média de 3,17; desvio padrão de 1,10) e tipos de descartes (média de 3,22; desvio padrão de 1,00) apresentaram médias menores e maior dispersão, sugerindo que esses são os aspectos mais desafiadores e menos uniformemente compreendidos. Esses dados destacam a necessidade de conteúdos educativos que abordem de forma mais específica esses temas (Tabela 1).

Tabela 1 – Média e desvio padrão das perguntas feitas pré e pós-teste

Questão	Média Pré Teste	Média Pós Teste	Desv. Padrão Pré teste	Desv. Padrão Pós Teste
A reciclagem é importante?	4,94	4,89	0,24	0,47
Sei o que é coleta seletiva?	4,44	4,39	0,78	0,78
Sei o que é o descarte adequado de resíduos?	4,11	4,11	0,90	1,28
Conheço todos os tipos de materiais que podem ser reciclados?	3,17	3,50	1,10	1,29
Conheço todos os tipos de descartes para os materiais que consumo?	3,22	3,44	1,00	1,38

Fonte: autora

5.2.1.1 Comparação dos Resultados Pré e Pós-Jogo

Após a interação com o jogo, observou-se uma leve queda nas médias das questões relacionadas à importância da reciclagem (de 4,94 para 4,89) e ao conhecimento sobre coleta seletiva (de 4,44 para 4,39) (Tabela 1). Apesar de pequenas, essas variações podem ser atribuídas ao efeito de reflexão crítica provocado pelo jogo, levando os participantes a reavaliarem seus conhecimentos.

Essa mudança também pode ser interpretada à luz do efeito Dunning-Kruger, que descreve como indivíduos com baixo conhecimento inicial tendem a superestimar suas capacidades, enquanto aqueles que adquirem novos conhecimentos frequentemente passam a reconhecer as complexidades do tema e, conseqüentemente, avaliar suas habilidades de forma mais modesta. Nesse contexto, o leve declínio nas médias pode indicar que os participantes desenvolveram uma maior consciência sobre o quanto ainda há para aprender, o que é um aspecto positivo do aprendizado.

Em contrapartida, as médias relacionadas ao conhecimento dos tipos de materiais recicláveis (de 3,17 para 3,50) e descartes (de 3,22 para 3,44) (Tabela 1) aumentaram, evidenciando que o jogo teve um impacto positivo na ampliação do conhecimento sobre esses tópicos. Essa melhora sugere que, ao adquirir informações mais concretas, os participantes conseguiram aplicar o que aprenderam de maneira prática, superando a fase inicial do efeito Dunning-Kruger, em que o aumento do conhecimento é acompanhado por maior confiança.

Os desvios padrão, em sua maioria, aumentaram após o jogo, como nas questões sobre descarte adequado de resíduos (de 0,90 para 1,28) e tipos de materiais recicláveis (de 1,10 para 1,29) (Tabela 1). Esse aumento na dispersão das respostas pode indicar que, enquanto alguns participantes avançaram significativamente no entendimento dos conceitos, outros ainda mantiveram-se inseguros, reforçando a ideia de que diferentes perfis de jogadores encontram-se em estágios variados de aprendizado, conforme ilustrado pelo efeito Dunning-Kruger. Isso destaca a importância de conteúdos educativos que atendam tanto aos que estão no início do processo de aprendizado quanto àqueles que já possuem maior base de conhecimento.

Ao considerar essas nuances, é possível concluir que o jogo não apenas ampliou o conhecimento dos participantes, mas também despertou neles uma visão mais crítica sobre seus próprios entendimentos, o que é essencial para a aprendizagem contínua e para a internalização de práticas sustentáveis.

5.2.2 Impacto do jogo sobre os participantes

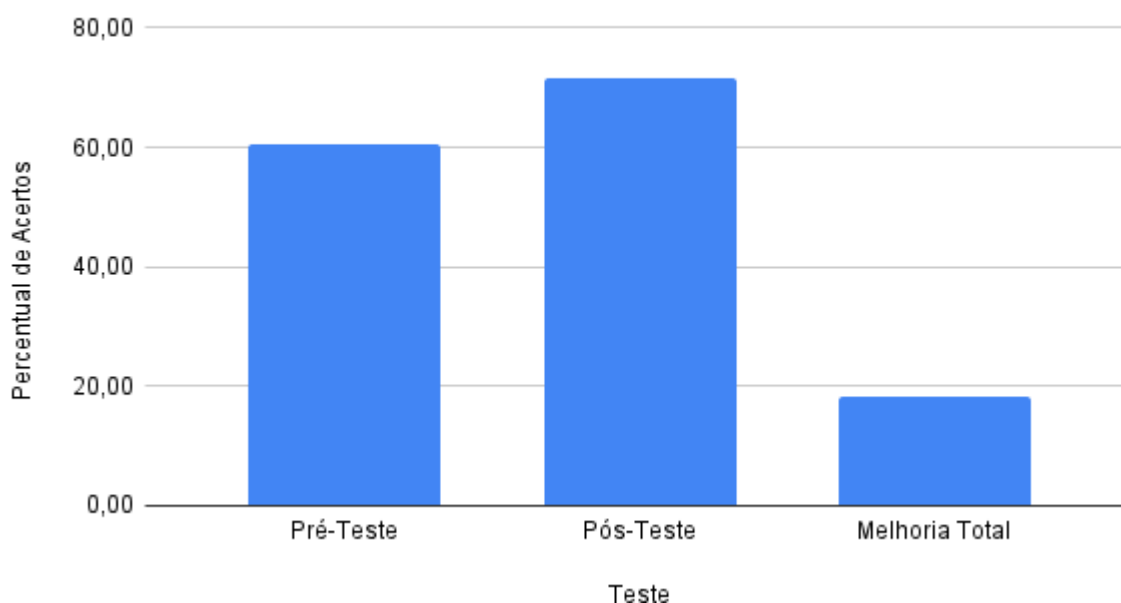
5.2.2.1 Relação material e cor

A análise dos dados obtidos no pré e pós-teste dos participantes demonstra uma melhoria significativa no conhecimento sobre a correta identificação de resíduos e sua destinação. Essa evolução evidencia o impacto positivo do jogo educativo como ferramenta de ensino.

No pré-teste, o percentual geral de acertos foi de 60,42%, enquanto no pós-teste, esse número subiu para 71,53%, representando um aumento de 18,39% (Gráfico 5). Essa melhoria sugere que os participantes foram capazes de internalizar, ainda que parcialmente, os conceitos de descarte correto de resíduos apresentados no jogo. Esse impacto se torna ainda mais relevante ao observar os resultados detalhados por tipo de material.

Gráfico 5 – Percentual de acertos total na relação material-cor

Melhoria Global no Conhecimento



Fonte: autora

Os percentuais por material estão apresentados no gráfico 6, os maiores avanços percentuais foram registrados nos materiais Plástico (25,00%), Eletrônicos (33,33%) e Madeira (33,33%), indicando que o jogo foi mais eficaz em ensinar sobre esses resíduos, que frequentemente geram dúvidas devido à diversidade de itens pertencentes a essas categorias. Por outro lado, o menor progresso foi observado no material Vidro (8,33%), sugerindo que os participantes já possuíam um conhecimento mais consolidado sobre este tipo de resíduo antes da intervenção ou que o conteúdo relativo a vidro no jogo poderia ser menos desafiador ou

menos enfatizado.

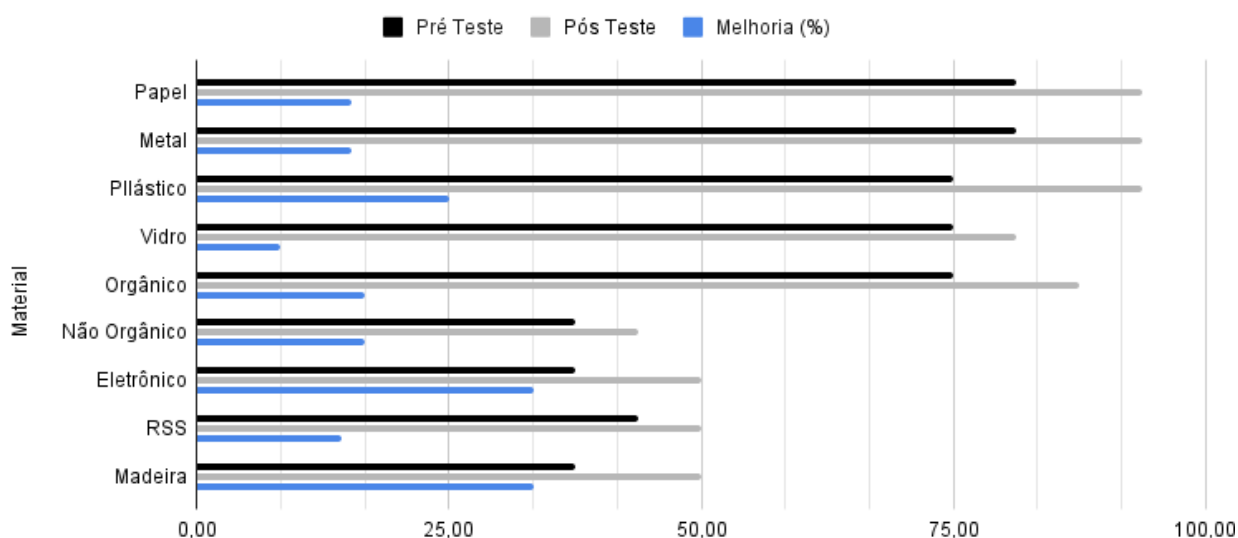
Esses resultados apontam também para um fenômeno relevante: o aumento no percentual de acertos nos materiais menos conhecidos, como Eletrônicos e Madeira, reflete que o jogo conseguiu abordar lacunas de conhecimento significativas. No entanto, a persistência de dificuldades em materiais como Material Não Orgânico e RSS, que registraram melhorias mais modestas, reforça a necessidade de ajustes no conteúdo para melhor adequação a esses temas.

Outro aspecto relevante do impacto do jogo sobre os participantes está relacionado à associação entre os tipos de resíduos e as cores das lixeiras correspondentes. Essa habilidade é essencial para garantir a eficácia da coleta seletiva, uma vez que a codificação por cores é uma prática padronizada no Brasil. No pré-teste, os altos percentuais de acertos para Papel e Metal (81,25%) e os menores para Eletrônicos, Madeira e Material Não Orgânico (37,50%) refletem a familiaridade inicial dos participantes com os materiais mais comuns no descarte cotidiano e uma maior dificuldade com resíduos mais específicos(Gráfico 6).

Após a intervenção, o aumento nas taxas de acertos, como observado nos Plásticos (de 75,00% para 93,75%) e nos Eletrônicos (de 37,50% para 50,00%), indica que o jogo foi bem-sucedido em fortalecer essa associação. A introdução de elementos visuais no jogo, como a identificação clara das cores das lixeiras e a correspondência com os tipos de resíduos, contribuiu para essa evolução. No entanto, o aumento mais modesto no conhecimento relacionado ao Vidro (de 75,00% para 81,25%) sugere que as atividades relacionadas a esse material no jogo poderiam ser aprimoradas para maior impacto(Gráfico 6).

Gráfico 6 – Percentual de acertos por material

Melhoria no conhecimento por material



Fonte: autora

Esses resultados ressaltam a importância de explorar mais intensamente a codificação visual, garantindo que os participantes não apenas reconheçam, mas também compreendam a lógica por trás da relação material-cor. Essa abordagem, aliada a reforços contínuos no conteúdo, pode tornar o aprendizado mais abrangente e eficaz, ampliando ainda mais o impacto do jogo no conhecimento dos participantes sobre a coleta seletiva e o descarte adequado de resíduos.

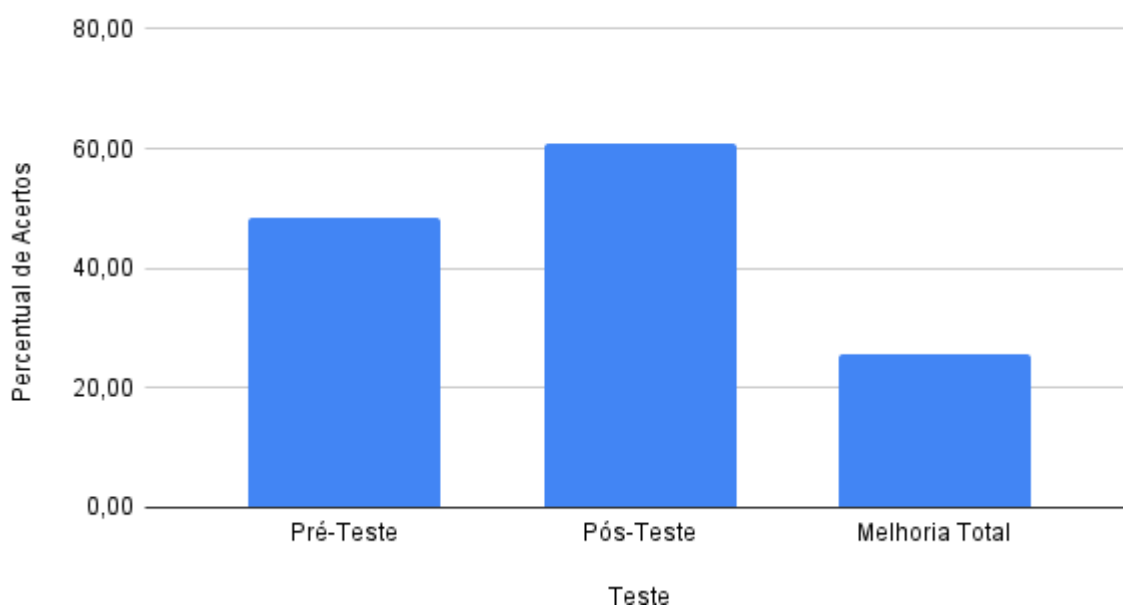
5.2.2.2 Relação resíduo e cor

Os dados coletados indicam que a intervenção, por meio do jogo educativo, teve um impacto significativo no conhecimento dos participantes sobre a relação entre resíduos e as lixeiras apropriadas, representadas pelas cores padronizadas. No entanto, os resultados também evidenciam que algumas categorias de resíduos ainda apresentam desafios de compreensão, sugerindo a necessidade de aprimoramento no conteúdo ou na abordagem educativa.

De forma geral, os participantes apresentaram uma melhoria significativa no percentual de acertos, passando de 48,44% no pré-teste para 60,94% no pós-teste, o que representa um aumento de 25,81% (Gráfico 7). Este avanço destaca a eficácia do jogo em ampliar o entendimento sobre o descarte correto. No entanto, ao analisar os dados por tipo de material, surgem nuances importantes.

Gráfico 7 – Percentual de acertos total na relação resíduo-cor

Melhoria Global no entendimento de descarte correto



Fonte: autora

Analisando os materiais separadamente, podemos ver no gráfico 8 que materiais como guardanapos usados e embalagens de pizza, que anteriormente apresentaram os menores índices de acerto (12,50%), registraram melhorias expressivas, de 200% e 100%, respectivamente. Esses resultados sugerem que o jogo foi capaz de corrigir preconceitos ou lacunas específicas no conhecimento prévio, especialmente em relação a resíduos que frequentemente causam confusão, como resíduos compostáveis ou contaminados(Gráfico 8).

Por outro lado, alguns materiais apresentaram quedas inesperadas no percentual de acertos, como potes de vidro (-7,69%) e isopor (-27,27%). Esses decréscimos podem refletir uma confusão gerada pela interação com o conteúdo do jogo ou uma insuficiência na abordagem sobre esses materiais, que demandariam explicações mais detalhadas ou exemplos mais claros. O caso do isopor, por exemplo, pode ser resultado da falta de consenso sobre sua reciclagem, que depende da infraestrutura local, não sendo amplamente reconhecido como reciclável por muitos participantes(Gráfico 8).

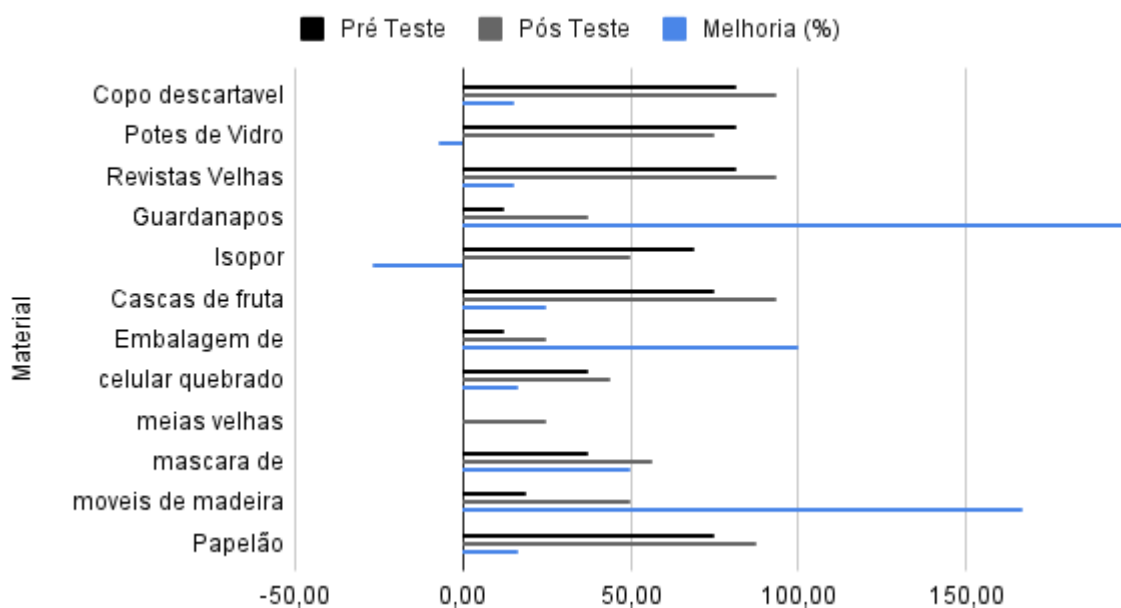
Materiais eletrônicos, como celular quebrado, apresentaram uma melhoria de 16,67%(Gráfico 8), sugerindo que o jogo conseguiu fortalecer a relação entre esses resíduos específicos e sua correta destinação. Entretanto, a baixa porcentagem de acertos tanto no pré-teste quanto no pós-teste indica que ainda há uma barreira significativa na identificação de resíduos de maior complexidade.

Outro dado que merece destaque é o aumento expressivo no reconhecimento de móveis de madeira quebrados (de 18,75% para 50,00%), um resíduo frequentemente negligenciado em iniciativas de educação ambiental (Gráfico 8). Esse resultado mostra que o jogo foi eficaz em abordar materiais menos intuitivos, ampliando a percepção dos participantes sobre a diversidade de resíduos que requerem descarte adequado.

De maneira geral, os resultados refletem uma tendência positiva, mas também apontam a necessidade de aprimorar a abordagem educativa para resíduos mais controversos ou menos conhecidos. A relação entre lixo e cor, sendo uma das principais ferramentas da coleta seletiva, exige uma padronização clara e uma apresentação didática eficaz para evitar confusões e maximizar o aprendizado. Ajustes no design do jogo, como a inclusão de explicações mais detalhadas ou atividades interativas adicionais, podem ajudar a reforçar a correta classificação e superar as dificuldades observadas em categorias específicas.

Gráfico 8 – Percentual de acertos por resíduo

Melhoria no entendimento de descarte correto por material



Fonte: autora

5.2.3 Valorização do jogo e melhorias

A análise dos dados coletados após a utilização do jogo educativo revela tanto os aspectos positivos da experiência dos participantes quanto áreas que necessitam de melhorias para ampliar sua eficácia como ferramenta de conscientização ambiental. Os dados quantitativos e qualitativos oferecem uma visão abrangente sobre como o jogo influenciou a motivação dos participantes para o descarte adequado de resíduos e indicam quais elementos

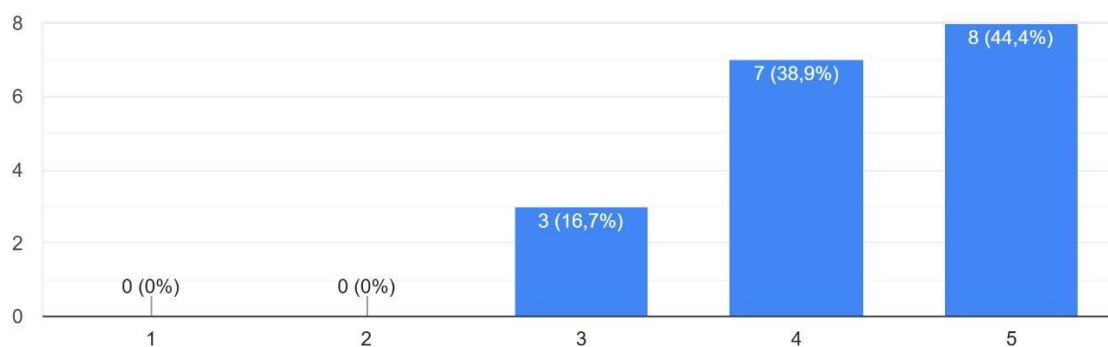
específicos podem ser otimizados para tornar o aprendizado mais intuitivo e eficaz.

No aspecto quantitativo, a média de 4,33 na escala de motivação para separar o lixo reciclável, em uma escala Likert de 1 a 5, demonstra que a maioria dos participantes se sentiu mais inclinada a adotar práticas sustentáveis após jogar. Esses dados indicam que, de maneira geral, o jogo cumpriu seu papel em estimular a conscientização e a motivação para a correta separação do lixo, mas há potencial para ajustes que ampliem esse impacto entre todos os participantes(Gráfico 9).

Gráfico 9 – Percentual de respostas a pergunta “Me sinto mais motivado a separar o lixo reciclável em casa após jogar o jogo.”

O quanto você concorda com a seguinte afirmação: "Me sinto mais motivado a separar o lixo reciclável em casa após jogar o jogo."?

18 respostas



Fonte: autora

A análise qualitativa dos comentários dos participantes oferece insights valiosos sobre a percepção e a experiência de jogo. De modo geral, os participantes expressaram uma percepção positiva sobre o caráter educativo e intuitivo do jogo, elogiando-o como uma ferramenta útil para o ensino do descarte correto de resíduos. Comentários como "bem intuitivo e pode ser uma ótima ferramenta para auxiliar no aprendizado do descarte correto dos resíduos" evidenciam a aceitação do jogo e o reconhecimento de sua proposta educativa.

Entretanto, dificuldades foram reportadas, especialmente relacionadas à identificação de alguns itens na esteira e à distinção de cores. A identificação de certos resíduos, como pilhas, e a dificuldade de reconhecer o que eram alguns itens na esteira foram desafios frequentes para os jogadores, o que sugere a necessidade de aprimoramentos na clareza visual dos objetos. Além disso, a dificuldade em distinguir as cores de algumas lixeiras, especialmente em materiais de tonalidades semelhantes (como vermelho, marrom e laranja),

foi uma barreira apontada. Esse problema afeta diretamente a experiência do usuário e pode impactar a eficácia do aprendizado, evidenciando a importância de revisões na paleta de cores ou na forma de apresentação desses itens.

Para resolver essas questões, os participantes sugeriram algumas melhorias práticas que podem ser incorporadas em futuras versões do jogo. A inclusão de dicas visuais, como balões de texto ou descrições dos itens quando o jogador os pega, é uma sugestão frequente que visa auxiliar na identificação correta dos resíduos. Além disso, uma tela inicial com explicações sobre a correspondência entre cores de lixeiras e tipos de resíduos foi recomendada como uma forma de introdução mais didática. Tal recurso ajudaria a preparar melhor o jogador antes de iniciar as fases, proporcionando uma base clara sobre o que cada cor representa e o que deve ser descartado em cada lixeira. Por fim, o aprimoramento das ilustrações dos itens também foi sugerido para facilitar sua distinção e garantir que sejam visualmente compreensíveis e identificáveis com maior precisão.

Em conclusão, as análises quantitativa e qualitativa evidenciam que o jogo educativo cumpre seu papel de promover a conscientização ambiental e motivar o descarte correto de resíduos, mas também ressaltam áreas de melhoria que podem ampliar sua efetividade. Implementar sugestões como dicas visuais, introduções explicativas e aprimoramentos gráficos poderá proporcionar uma experiência mais enriquecedora e intuitiva para os jogadores, reforçando o jogo como uma ferramenta sólida de educação ambiental. Essas melhorias contribuirão para que o jogo atinja seu potencial máximo de impacto, ampliando a conscientização e promovendo práticas sustentáveis com eficácia ainda maior.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo principal desenvolver e avaliar um jogo educativo voltado para a conscientização sobre o descarte correto de resíduos sólidos, alinhado com as diretrizes da BNCC e com as metas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Com base nos dados obtidos a partir dos questionários aplicados antes e depois da experiência de jogo, foi possível observar que o jogo contribuiu para ampliar o conhecimento dos participantes sobre a gestão de resíduos, além de promover reflexões sobre a importância da separação correta dos materiais recicláveis e das práticas sustentáveis.

Os resultados indicaram que o jogo teve um impacto positivo sobre o aprendizado dos participantes, especialmente em tópicos considerados mais desafiadores, como a distinção

entre tipos de materiais recicláveis e a correta associação entre cores de lixeiras e resíduos. O aumento significativo nos percentuais de acertos para resíduos como plásticos, eletrônicos e madeira reflete o sucesso do jogo em abordar lacunas de conhecimento comuns, o que reforça seu potencial como uma ferramenta educativa eficaz. No entanto, as dificuldades em materiais específicos, como vidro e isopor, sugerem a necessidade de ajustes no conteúdo e nas mecânicas do jogo para proporcionar uma experiência de aprendizado ainda mais completa e acessível.

A análise dos resultados também destacou a importância de uma abordagem educativa que reconheça as diferentes etapas de aprendizado dos usuários. O fenômeno observado, similar ao efeito Dunning-Kruger, sugere que, ao interagir com o jogo, os participantes desenvolveram uma visão mais crítica sobre seu próprio conhecimento, resultando em uma maior conscientização sobre a complexidade do descarte adequado. Esse fator é essencial para o engajamento a longo prazo e para a criação de hábitos sustentáveis, pois incentiva a reflexão contínua e o aprendizado autônomo.

Além dos aspectos de aprendizado, o jogo foi bem avaliado quanto à sua usabilidade e ao potencial de engajamento, com a maioria dos participantes afirmando que se sentiu mais motivada a adotar práticas de separação de resíduos após a experiência de jogo. Esse feedback positivo é um indicativo de que o jogo possui os elementos necessários para estimular comportamentos mais sustentáveis, contribuindo para a conscientização ambiental de forma acessível e divertida.

Dessa forma, conclui-se que o desenvolvimento do jogo atendeu aos objetivos propostos, proporcionando uma ferramenta eficaz para o ensino de práticas de descarte adequado de resíduos sólidos. Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se a inclusão de atividades interativas mais detalhadas para materiais específicos e a implementação de recursos visuais e explicativos que reforcem as informações sobre resíduos mais controversos ou menos conhecidos. Essas melhorias poderão potencializar o impacto do jogo e tornar o aprendizado ainda mais abrangente e efetivo.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em:

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 9 ago. 2024.

SNIS. (2022). Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. Brasília

ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/pt-br/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>. Acesso em: 9 ago. 2024.

BNDES SET; RIO DE JANEIRO. Resíduos sólidos **POLÍTICAS PÚBLICAS NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: EXPERIÊNCIAS COMPARADAS E DESAFIOS PARA O BRASIL**. v. 50, p. 153–200, [s.d.]. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/19062>> Acesso em: 19 de ago 2024.

CARVALHO, V. F. **Dados alarmantes e contaminação: os riscos da destinação incorreta de resíduos**. Disponível em: <<https://www.revistaecotur.news/search?q=Brasil+produz+mais+de+78%2C3+milh%C3%B5es+de+toneladas+de+res%C3%ADduos+s%C3%B3lidos+por+ano++>>. Acesso em: 9 ago. 2024.

DINO. **Brasil produz mais de 78,3 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano**. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/dino/brasil-produz-mais-de-783-milhoes-de-toneladas-de-residuos-solidos-por-ano,58345949628b3182672d7fc18c61c5b8bk6bigwp.htm#:~:text=%22O%20Brasil%20produz%20mais%20de,reciclados%22%2C%20enfaziza%20Vinha%20F.>>>. Acesso em: 9 ago. 2024.

RITCHIE, H.; ROSER, M. (2018) **Plastic Pollution. Our World in Data. - References - Scientific Research Publishing**. Disponível em: <<https://scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3053948>>. Acesso em: 23 set. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos 2024**. Brasília, 2019a. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticoresiduos-solidos/diagnostico-rs-2017>. Acesso em: 23 set. 2024.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais. **Relatório de pesquisa: pesquisa sobre o pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos**. Brasília, 2010. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7968>. Acesso em: 23 set. 2024.

MENA, F. **1 em cada 3 brasileiros que diz ter coleta seletiva não separa o lixo, aponta Datafolha**. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2024/06/1-em-cada-3-brasileiros-que-diz-ter-coleta-seletiva-nao-separa-o-lixo-aponta-datafolha.shtml>>. Acesso em: 18 out. 2024.

BAXTO -MEC -, W.; LEÔNIDAS, J. **JOGO DIGITAL COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA** BRASÍLIA/DF MAIO/2018 Rosana Amaro -UnB

-rosanaead@unb.br. [s.l: s.n.]. Disponível em:
<<https://www.abed.org.br/congresso2018/anais/trabalhos/5355.pdf>>.

Vista do UTILIZAÇÃO DE JOGOS DIGITAIS PARA TRABALHAR O CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE NAS AULAS DE GEOGRAFIA.

Disponível em:
<<https://www.revistaedugeo.com.br/revistaedugeo/article/view/300/213>>. Acesso em: 9 ago. 2024.

Jesus, Â. M. de; Silveira, I. F.; Araújo, M. S. T.; Penha, P. X. da.
SIMSUSTENTABILIDADE: UM JOGO DIGITAL DE ESTRATÉGIA PARA EDUCAÇÃO AMBIENTAL. Disponível em: <
<https://san.uri.br/revistas/index.php/encitec/article/download/40/255/1758>>. Acesso em: 9 ago. 2024.

PEREIRA, G. R.; VEIGA, A. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; OLIVEIRA, H. C.
Marketing verde: fatores da geração Z sobre questões ambientais. .
Disponível em:
<<https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/cbr/article/download/15025/25784/77517>>. Acesso em: 9 ago. 2024.

RIBEIRO, H.; BASEN, G. **Panorama da coleta seletiva no Brasil: desafios e perspectivas a partir de três estudos de caso.** Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 1-18. Disponível em: <
<https://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2013/07/2007-art-7.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2024.

RESÍDUOS ELETRÔNICOS | 85% dos brasileiros não sabe como descartar corretamente | SANEAMENTOAMBIENTAL.COM.BR. Disponível em:
<<https://sambiental.com.br/noticias/85-dos-brasileiros-nao-sabe-como-descartar-corretamente#:~:text=O%20Centro%20de%20Tecnologia%20Mineral,n%C3%A3o%20sabe%20como%20descart%C3%A1%20lo.>>. Acesso em: 21 out. 2024.

HENDGES, A. S. **Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, artigo de Antonio Silvio Hendges - MATS – Materiais e Tecnologias Sustentáveis.** Disponível em:
<[https://wordpress.ft.unicamp.br/mats/composicao-gravimetrica-dos-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-artigo-de-antonio-silvio-hendges/#:~:text=Os%20org%C3%A2nicos%20s%C3%A3o%20o%20principal,multicamadas%20\(1%2C4%25\).](https://wordpress.ft.unicamp.br/mats/composicao-gravimetrica-dos-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-artigo-de-antonio-silvio-hendges/#:~:text=Os%20org%C3%A2nicos%20s%C3%A3o%20o%20principal,multicamadas%20(1%2C4%25).)>. Acesso em: 21 out. 2024.

PUNTES, B. **Cerca de 40% dos resíduos gerados por ano no Brasil vão para lixões a céu aberto.** Disponível em:
<<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/cerca-de-40-dos-residuos-gerados-por-ano-no-brasil-vao-para-lixoes-a-ceu-aberto/>>. Acesso em: 21 out. 2024.

Panorama da Coleta Seletiva no Brasil | Ciclossoft. Disponível em:
<<https://ciclossoft.cempre.org.br/resumo-executivo>>. Acesso em: 21 out. 2024.

CEMPRE, C. E. (2024). Pesquisa Ciclosoft 20233. Fonte: cempre.org.

Taxas de reciclagem – CEMPRE. Disponível em:
<<https://cempre.org.br/taxas-de-reciclagem/>>. Acesso em: 21 out. 2024.

McCrindle, M.; Wolfinger, E. **The ABC of XYZ: Understanding the Global Generation.** 2009. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/328347222_The_ABC_of_XYZ_Understanding_the_Global_Generations>. Acesso em: 23 out. 2024

MOTA, V. et al. **Ticotecodonaná: as estratégias de relacionamento do guaraná Antarctica com a geração Z no Tiktok.** Disponível em:
<<https://dspace.unipampa.edu.br/handle/riu/6909>> Acesso em: 23 out. 2024

VANZELLOTTI, T. M. **A influência da sustentabilidade no comportamento do consumidor da Geração Y.** 2014. 73 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Graduação) – Escola de Administração– Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/117464>. Acesso em 23 out. 2024.

PETRO, G. **Sustentabilidade: 4 conclusões sobre o tema que tira o sono dos varejistas.** Disponível em:<> . Acesso em 23 out. 2024.

RODRIGUES, I. **Geração Z: Uma Geração de Consumo Sustentável na Indústria da Roupas?** 2021. 74 f. Dissertação (Mestrado em gestão) - Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2021. Disponível em:
https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/24348/1/master_ines_jesus_rodrigues.pdf. Acesso em: 23 out. 2024.

ARAÚJO, N. **O comportamento do consumidor da geração z frente à sustentabilidade.** Disponível em:
<https://bdm.unb.br/bitstream/10483/33300/1/2022_NathaliaCristinaCSDeAraujo_tcc.pdf>. Acesso em: 23 de out. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2023.

ABT, C. C. **Serious Games.** New York: Viking Press, 1970.

LÉVY, P. **Cibercultura.** 1999. 3 ed. São Paulo: Editora 34.

COSTA, L. D. 2010. **O que os jogos de entretenimento tem que os educativos não tem: 7 princípios para projetar jogos educativos eficientes.** Teresópolis, RJ: Ed. Novas Idéias; Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio.

BATTAIOLA, A. L. 2000. **Jogos por Computador: Histórico, Relevância Tecnológica e Mercadológica, Tendências e Técnicas de Implementação.** Anais da XIX Jornada de Atualização em Informática, v. 2, n.1: 83-122. BATTAIOLA, A. L.; ELIAS; N. C.;

DOMINGUES, R. G.; ASSAF, R.; RAMALHO, G. L. 2002. **Desenvolvimento de um Software Educacional com base em Conceitos de Jogos de Computador.** Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, v.1, n.1: 282-290.

CSIKSZENTMIHALYI, M. 1999. **A descoberta do fluxo.** Rio de Janeiro: Rocco.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. 2012. **Regras do jogo: fundamentos do design de jogos: principais conceitos: volume 1**. São Paulo: Blucher.

LIMEIRA, C. F. D.; ROSA, J. G. S.; PINHO, A. L. S. DE. **Avaliação, análise e desenvolvimento de jogo sério digital para desktop sobre sintomas e procedimentos de emergência do Acidente Vascular Cerebral**. Proceedings of the 7th Information Design International Conference, p. 398–409, set. 2015.

Resolução CONAMA nº 275 de 25 de Abril 2001.