



ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM JOGO DIGITAL COMO FERRAMENTA DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: "PRODUTOS PERIGOSOS OU SUSTENTÁVEIS"

Developing and evaluation of a digital game as a Science Education tool: "Hazardous or sustainable products"

Elaboración y evaluación de un juego digital como herramienta de Educación Científica: "Productos peligrosos o sostenibles"

Resumo: A Educação Científica, por meio de atividades e práticas educacionais, pode ser utilizada para levar o conhecimento científico para alunos da educação básica. A abordagem de temas relacionados a sustentabilidade e a contaminação ambiental pode contribuir diretamente para a nossa qualidade de vida e para o desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, desenvolvemos um jogo digital educativo que aborda o impacto ambiental e social relacionado ao uso de produtos perigosos e sustentáveis. Além disso, avaliamos o potencial desse jogo como ferramenta de Educação Científica. Os resultados desse trabalho sugerem que o jogo contribuiu para a compreensão da temática abordada pelos estudantes avaliados. Após o jogo, os alunos entenderam a importância de utilizar produtos que apresentem impacto ambiental baixo ou desprezível, e compreenderam os impactos negativos da utilização de produtos perigosos para os seres vivos e para o meio ambiente. Ademais, os estudantes compreenderam a relevância das pesquisas científicas na área de ecotoxicologia, pautadas em estudar produtos químicos e classifica-los como perigosos ou seguros.

Palavras-Chave: Sustentabilidade; Contaminação ambiental; Gamificação; Ferramentas lúdicas.

Abstract: Science Education, through educational activities and practices, can be used to bring scientific knowledge to basic education students. The approach of topics related to sustainability and environmental contamination can directly contribute to our quality of life and sustainable development. In this sense, we developed an educational digital game that approaches the environmental and social impact related to the use of dangerous and sustainable products. In addition, we evaluated the potential of this game as a Science Education tool. The results of this work suggest that the game contributed to the understanding of the topics approached by the evaluated students. After the game, the students understood the importance of using products that have a low or negligible environmental impact and understood the negative impacts of using dangerous products for living beings and the environment. Furthermore, students understood the relevance of scientific research in ecotoxicology based on studying chemical products and classifying them as hazardous or safe.

Keywords: Sustainability; Environmental contamination; Gamification; Playful tools.

Resumen: La Educación Científica, a través de actividades y prácticas educativas, puede utilizarse para acercar el conocimiento científico a los estudiantes de educación básica. Abordar los problemas relacionados con la sostenibilidad y la contaminación ambiental puede contribuir directamente a nuestra calidad de vida y desarrollo sostenible. En este sentido, desarrollamos un juego digital educativo que aborda el impacto ambiental y social relacionado con el uso de productos peligrosos y sostenibles. Además, evaluamos el potencial de este juego como herramienta de Educación Científica. Los resultados de este trabajo sugieren que el juego contribuyó a la comprensión del tema abordado por los estudiantes evaluados. Después del juego, los estudiantes entendieron la importancia de usar productos que tienen un impacto ambiental bajo o insignificante, y entendieron los impactos negativos del uso de productos peligrosos para los seres vivos y el medio ambiente. Además, los estudiantes comprendieron la relevancia de la investigación científica en el área de la ecotoxicología, basada en estudiar los productos químicos y clasificarlos como peligrosos o seguros.

Palabras clave: Sustentabilidad; Contaminación ambiental; Gamificación; Herramientas lúdicas.


KETELN MICHELE GUILHERME
DE OLIVEIRA

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

 0000-0001-6831-8195


RONALDO DOS SANTOS FILHO

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

 0000-0003-4668-2361

ALBERTO DE ALMEIDA
GUILHERME

Pontifícia Universidade Católica do Paraná
(PUCPR)

 0000-0002-7463-5370

DANIELA MORAIS LEME

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

 0000-0001-7164-1276



OLIVEIRA, K. M. G.; SANTOS FILHO, R.; GUILHERME, A. A.; LEME, D. M. Elaboração e avaliação de um jogo digital como ferramenta de educação científica: "produtos perigosos ou sustentáveis". *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, Foz do Iguaçu, v. 5, p.223-238, jan./dez., 2021.



INTRODUÇÃO

A sociedade moderna utiliza diversos produtos em uso rotineiro, que apresentam diversas finalidades para facilitar nossas vidas, como produtos para higiene pessoal, limpeza doméstica, alimentos industrializados e agroquímicos (WELDESLASSIE, 2018). No entanto, grande parte desses produtos possuem como destino final, o meio ambiente, por meio de efluentes domésticos e industriais, apresentando potencial de ocasionar efeitos adversos aos organismos vivos (SANTOS-FILHO et al., 2020). Por esta razão, estes produtos devem ser investigados quanto ao seu potencial ecotoxicológico e merecem a atenção dos pesquisadores, autoridades e sociedade (BAI, 2017).

Conscientizar a população sobre priorizar o uso de produtos sustentáveis em relação a produtos perigosos é uma necessidade fundamental para a saúde dos seres vivos e do meio ambiente (CAVALCANTI, 2011). Apesar da importância de conscientizar a população em diversos assuntos com base no conhecimento científico, há atualmente um distanciamento entre a sociedade e os cientistas. Essa distância é preocupante porque ela resulta na falta de apoio à pesquisa científica e a deficiência de informações científicas que são de extrema importância para a sociedade (GONÇALVES, 2004), como temas relacionados à saúde humana e ambiental (FIORESI; CUNHA, 2019). Nesse sentido, se faz cada vez mais importante que os pesquisadores se preocupem em divulgar a importância de suas pesquisas fora do meio ambiente acadêmico, buscando alcançar toda a sociedade (IVANISSEVICH, 2009).

A Educação Científica é definida como uma educação com aspecto criativo, visado promover as necessidades futuras da sociedade (BAYRAM-JACOBS, 2015). Nesse aspecto, a Educação Científica é considerada um elemento fundamental para a aprendizagem de conhecimentos científicos básicos para aumentar o número de cidadãos críticos e capazes de se posicionar frente às questões sociais, econômicas e ambientais, associadas ao desenvolvimento científico e tecnológico (OLIVEIRA, 2015). Com base no exposto, o conhecimento científico pode ser utilizado para estabelecer uma sociedade consciente, contribuindo com a qualidade de vida e o cuidado ambiental (CHEN et al., 2021).

Atualmente, a tecnologia tem estado cada vez mais presente na vida das pessoas. Nesse sentido, as ferramentas tecnológicas podem ser utilizadas para promover a educação científica e conscientizar a população sobre temas relevantes, incentivando um posicionamento perante a situações relacionadas ao desenvolvimento sustentável (SANTOS, 2007). A discussão de temas relevantes para a sociedade deve ser incentivada e promovida nas escolas, pois estas instituições possuem um papel importante na formação de cidadãos críticos e conscientes, capazes de contribuir com a sociedade em que vivem. Além disso, o uso de uma ferramenta lúdica, educacional e tecnológica, como um jogo, pode fornecer ao aluno o protagonismo do processo de ensino e aprendizagem e o desenvolvimento da autonomia (RODRIGUES-MOURA; GONÇALVES, 2020).

A utilização de jogos pode incluir textos, sons, interatividade e narrativa (OLIVEIRA et al., 2020) - componentes valiosos para promover a educação científica a partir da escolha de temas relevantes para a sociedade (ex. sustentabilidade e contaminação ambiental). Além disso, os jogos digitais estão presentes no nosso cotidiano e são bem aceitos por crianças, adolescentes e adultos e, dessa maneira, podem ser utilizados como ferramentas para a educação da ciência (OLIVEIRA et al., 2020). Experiências positivas de aprendizado, a partir da utilização de jogos digitais educacionais, já foram reportadas na literatura em temas relacionados a biodiversidade e sustentabilidade (SANDBROOK; ADAMS; MONTEFERRI, 2015; FJÆLLINGS DAL; KLÖCKNER, 2019). Além disso, o uso de jogos no ensino de ciências aumenta o envolvimento do aluno e impacta positivamente sobre o seu conhecimento e suas habilidades para resolução de problemas, podendo ser uma ferramenta promissora para a educação científica em sala de aula (LESTER et al., 2014). Dessa forma, os jogos educativos também estão recebendo cada vez mais atenção nos campos educacionais e da sustentabilidade (SANDBROOK; ADAMS; MONTEFERRI, 2015).

Diante do cenário apresentado, este trabalho objetivou desenvolver um jogo digital educacional, que aborda conceitos e informações relevantes quanto ao perigo e a sustentabilidade de substâncias químicas, ilustrando e conscientizando quanto ao seu impacto para o meio ambiente e para os seres vivos. Ademais, esse trabalho avaliou o potencial do jogo desenvolvido “Produtos Perigosos ou Sustentáveis”

como ferramenta de educação científica, verificando se o jogo contribuiu para que o aluno atue como um cidadão crítico e responsável perante a temática de sustentabilidade.

METODOLOGIA

Esta pesquisa apresenta natureza aplicada e majoritariamente qualitativa a partir da análise das respostas dos alunos a questionários qualitativos, antes e após jogo. O estudo foi realizado em duas etapas e submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Paraná (UFPR) sob o número CAEE 71475817.8.0000.0102 e aprovado com o parecer 2.224.172. A primeira etapa consistiu na elaboração do jogo “Produtos Perigosos ou Sustentáveis” como proposta de ferramenta de educação científica para alunos da Educação Básica. A segunda etapa consistiu na avaliação preliminar da efetividade desse jogo como ferramenta de educação científica a partir da realização do jogo e da aplicação de questionários avaliativos com 25 alunos da educação básica, entre 14 a 18 anos. As duas etapas serão descritas detalhadamente a seguir.

ETAPA 1 – Elaboração do jogo “Produtos Perigosos ou Sustentáveis”

O jogo “Produtos Perigosos ou Sustentáveis” será apresentado ao longo desta seção, em três subtópicos: Descrição do Jogo, Contribuição Pedagógica e Instruções para jogar.

É importante ressaltar que tanto no jogo como na escrita desse artigo o termo produto sustentável se refere a produtos que permitem a diminuição da liberação de substâncias tóxicas ao meio ambiente ou da utilização de matérias-primas que apresentam menor ou nenhuma toxicidade (CAVALCANTI, 2011). Em contrapartida, o termo produto perigoso se refere a toda substância de natureza química, física ou biológica em qualquer estado da matéria e, que pode afetar diretamente ou indiretamente de forma nociva os seres vivos e o meio ambiente (CBMGO, 2016). A ecotoxicologia é uma área da ciência que busca estudar os efeitos nocivos das substâncias químicas no meio ambiente e nos organismos associados, expostos a esses produtos (SANTOS-FILHO et al., 2020).

Descrição do Jogo

O jogo digital “Produtos Perigosos ou Sustentáveis” possui 13 fases. Durante o jogo, os alunos aprenderão sobre o destino final de produtos que utilizamos diariamente. Além disso, também é abordado como produtos tóxicos podem impactar os seres vivos e a importância de avaliar esses produtos por meio de testes ecotoxicológicos. É esperado que ao concluir o jogo, o aluno compreenda a relevância em escolher produtos mais sustentáveis e como isso pode contribuir para um meio ambiente mais saudável.

Em cada fase do jogo, o aluno resolverá uma questão, que auxiliará na compreensão do processo de contaminação ambiental e do uso de produtos mais sustentáveis. Para resolver as fases do jogo, o aluno deve ler a questão, desembaralhar as letras que formam a palavra e encontrar a resposta. É possível pedir uma dica para passar de fase. A pontuação final do jogador é apresentada ao final do jogo, podendo chegar a 130 pontos, caso ele acerte todas as questões e não precise de dicas.

O jogo foi desenvolvido na plataforma Unity 3D, enquanto seu design foi produzido utilizando os recursos SketchUp, CorelDRAW e [canva.com](https://www.canva.com). O jogo foi publicado no site <https://simmer.io/> no formato Unity WebGL, podendo ser acessado pelo link: <https://simmer.io/@ketelenmichele/produtos-perigosos-ou-sustent-veis>. O jogo pode ser acessado somente pelo computador, não sendo compatível para uso em celulares.

Contribuição Pedagógica

O jogo foi desenvolvido com o propósito de promover educação científica na temática de Ecotoxicologia, especificamente sobre a contaminação ambiental por produtos químicos. Essa abordagem pode possibilitar ao aluno compreensão de que alguns produtos presentes em nosso

cotidiano são prejudiciais para o meio ambiente e para os seres vivos. Adicionalmente, o jogo pode permitir que os estudantes entendam que o destino final desses produtos pode ser o meio ambiente, principalmente o ambiente aquático, por meio de efluentes domésticos. É importante acrescentar que os produtos perigosos e sustentáveis fazem parte do cotidiano dos estudantes, justificando a importância da abordagem deste tema nas escolas. Espera-se que após jogarem, os alunos sejam capazes de refletir sobre os produtos que utilizam diariamente e sobre como podem contribuir com o meio ambiente utilizando produtos mais sustentáveis. A utilização de um jogo para essa finalidade é pedagogicamente muito interessante, pois além de utilizar o lúdico e o visual para estimular o aprendizado do estudante, confere a ele o protagonismo na execução da atividade, já que ele a realiza e aprende diretamente jogando.

O jogo “Produtos Perigosos ou Sustentáveis” também pode auxiliar na conscientização sobre os perigos de produtos que apresentam efeitos nocivos para o meio ambiente e para os organismos vivos. Além disso, é possível que estudantes possam compreender o papel das pesquisas na área de ecotoxicologia, as quais estão relacionadas com a investigação de efeitos adversos de produtos e substâncias que possuem como destino final o meio ambiente. Dessa maneira, além de promover a conscientização do impacto ambiental causado por produtos perigosos, o jogo tem o intuito de realizar a Educação Científica de pesquisas ecotoxicológicas, sendo importante para possibilitar a aproximação do aluno com o conhecimento produzido nas universidades e que muitas vezes está distante dele.

A partir das potencialidades supracitadas, este jogo também pode atuar contribuindo para que o aluno desenvolva diferentes competências gerais, estabelecidas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Dentre essas competências, duas se destacam. A primeira, é o **pensamento científico, crítico e criativo** (BRASIL, 2017). **Durante o jogo, o aluno pode utilizar a curiosidade intelectual, a criatividade e a reflexão para resolver e encontrar a solução de cada fase do jogo. No decorrer do jogo, o objetivo é que o aluno reconheça** a linguagem científica, interprete as informações em cada fase, **utilizando habilidades** linguísticas, raciocínio lógico e memória para combinar as palavras e formular as respostas corretas. A segunda competência é a responsabilidade e a cidadania (BRASIL, 2017). Neste caso, o jogo é capaz de transmitir uma mensagem de conscientização de como o consumidor pode contribuir com o meio ambiente, usando produtos mais sustentáveis. Após a realização do jogo, o professor pode abordar outros temas relacionados à saúde e ao meio ambiente, como saúde humana, sustentabilidade e educação ambiental.

Além de contemplar competências gerais da BNCC, o jogo se enquadra em uma das competências específicas e habilidades estabelecidas pela BNCC (EM13CNT104). Nessa competência, o aluno deve ser capaz de entender os potenciais prejuízos de diferentes produtos ao meio ambiente e à nossa saúde, a exposição e potencial toxicidade desses materiais, para se posicionar e propor soluções com atitudes mais sustentáveis (BRASIL, 2017). Dessa forma, espera-se que ao concluírem o jogo, os alunos sejam capazes de entender o seu papel como um cidadão consciente e responsável, com conhecimento básico para tomar decisões que sejam sustentáveis ao meio ambiente e à sociedade.

Instruções para jogar

O jogo “Produtos Perigosos ou Sustentáveis” pode ser jogado na escola e acompanhado pelo professor quando existir um laboratório de informática, ou pode ser indicado pelo professor para que os alunos joguem em um ambiente com acesso a um computador e internet, seguido por uma discussão futura em sala de aula. Este jogo foi testado e tem sua utilização recomendada com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, podendo ser realizado em uma aula (50 min).

Para iniciar a realização do jogo, os alunos deverão estar com acesso a computadores com internet, e acessar o seguinte link: <https://simmer.io/@ketelenmichele/produtos-perigosos-ou-sustentaveis>. O professor deverá passar as seguintes instruções aos alunos: (1) Em cada fase do jogo, ele deverá utilizar as letras que estão embaralhadas na imagem para formar a palavra resposta; (2) O número de letras necessárias para formar a palavra resposta corresponde ao número de quadradinhos disponíveis na tela; (3) Caso o aluno encontre dificuldade para identificar a palavra resposta, ele pode solicitar o uso

da dica; (4) A pontuação do jogador será reduzida com erros ou na utilização de dicas. Portanto, em cada uma das fases, os alunos receberão uma palavra embaralhada, que deve ser resolvida para que seja possível avançar para a fase seguinte (Figura 1).



Figura 1– Demonstração da tela observada na fase 5 do jogo, antes e após a identificação da palavra resposta. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Durante o jogo, o jogador será capaz de acumular ou perder pontos. A pontuação máxima por fase é de dez pontos, sendo obtida quando o jogador acertar a palavra na primeira tentativa, sem utilizar a dica. Caso o aluno utilize a dica, ele perderá dois pontos. Cada vez que o estudante clicar para conferir a palavra e ela estiver errada será descontado um ponto. Dessa forma, a pontuação final obtida pode variar entre 0 e 130 pontos, conforme pode ser observado na Figura 2.



Figura 2 – Tela demonstrando a pontuação final dos jogadores. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

O Quadro 1 apresenta a descrição das questões, respostas e dicas encontradas em cada uma das fases do jogo “Produtos Perigosos ou Sustentáveis”.

Quadro 1 – Descrição das questões, respostas e dicas encontradas nas fases do jogo “Produtos Perigosos ou Sustentáveis”.

Fase	Questão	Resposta	Dica
1	Atua no setor produtivo com a criação e inovação de produtos.	Indústria.	Fábrica.
2	No comércio podemos encontrar milhares de produtos industriais que _____ nossa vida de várias formas.	Facilitam.	Exemplo: Fazem aquela faxina ficar bem mais fácil.
3	Mas qual o destino final destes produtos industriais? Os produtos que utilizamos chegam ao _____ por meio do descarte de efluentes domésticos.	Meio ambiente.	Natureza.

4	Portanto, as substâncias que compõem esses produtos podem estar presentes nos meio ambientes aquáticos, como por exemplo, nos _____.	Rios.	Onde os organismos aquáticos vivem.
5	Os efluentes domésticos contêm _____, que podem causar impactos negativos ao meio ambiente.	Contaminantes.	Vão contaminar o meio ambiente.
6	A contaminação ambiental ocorre quando uma substância ou composto se encontra em uma _____ (concentração) nociva aos seres vivos, afetando negativamente o ecossistema.	Quantidade.	As últimas letras são DADE.
7	Além de prejudicar o meio ambiente, diferentes _____ também podem ser afetados.	Organismos.	Seres vivos.
8	Quando uma substância é lançada no meio ambiente – ar, água ou solo - em quantidades que causam alterações indesejáveis e impactos no funcionamento do ecossistema, chamamos de _____ ambiental.	Poluição.	Vão poluir o meio ambiente.
9	No entanto, esses impactos podem ser _____ pela avaliação do perigo destes produtos por meio de testes ecotoxicológicos.	Prevenidos.	Evitados.
10	Para isso, diferentes organismos _____ podem ser utilizados para verificar os danos causados por diferentes contaminantes.	Biológicos.	Isto é: Bactérias, células, animais ou plantas.
11	Por meio dos testes ecotoxicológicos, podemos verificar quais produtos são menos _____ para o meio ambiente e para os seres vivos.	Prejudiciais.	Pouco ou nada nocivo.
12	Dessa forma, ao comprar novos produtos, o consumidor poderá escolher produtos que são considerados _____.	Sustentáveis.	Produtos menos prejudiciais para o meio ambiente: VERDES.
13	Portanto, podemos fazer o consumidor feliz e contribuir com um meio ambiente saudável, utilizando produtos sustentáveis. Isso é possível pela avaliação de produtos químicos por testes _____.	Ecotoxicológicos.	Estuda efeitos tóxicos de contaminantes ambientais sobre diferentes constituintes dos ecossistemas: animais (incluindo seres humanos), vegetais ou microorganismos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

ETAPA 2 – Avaliação da efetividade do jogo “Produtos Perigosos ou Sustentáveis” como ferramenta de Educação Científica

A metodologia usada para uma análise preliminar da efetividade do jogo “Produtos Perigosos ou Sustentáveis” como ferramenta de Educação Científica será apresentada nesta seção, em 3 subtópicos, que compõem o desenho da nossa investigação: Hipótese, Contexto de Avaliação e Instrumento de Avaliação.

Hipótese

Este estudo hipotetiza que o jogo “Produtos perigosos e sustentáveis” pode ser uma ferramenta eficiente de Educação Científica para alunos da Educação Básica, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento científico e crítico, e, portanto, contribuindo para o seu letramento científico.

Contexto de Avaliação

Este jogo foi realizado com 25 alunos da Educação Básica, sendo 24% (n= 6) do sexo masculino e 76% (n= 19) do sexo feminino. Destes, 76% (n= 19) estudavam em escolas públicas, enquanto 24% (n= 6) eram da rede privada, todos residentes no estado do Paraná. O público alvo incluiu estudantes do 9º ano ao 3º ano do Ensino médio, com idade variando entre 14 a 18 anos.

Devido à pandemia da COVID-19, a aplicação do jogo foi realizada de forma remota (Google Meet). Dessa forma, buscamos participantes voluntários a partir da divulgação de um formulário do Google forms em grupos de professores e nas redes sociais. Os responsáveis pelos estudantes voluntários deveriam autorizar sua participação com a assinatura on-line do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Além disso, os participantes menores de idade assinaram de forma virtual, a um termo de assentimento (TALE) aceitando participar dessa pesquisa. Os encontros online foram realizados via google meet e a duração de cada reunião individual variou entre 45 a 60 minutos, incluindo a explicação sobre a aplicação do teste, a realização do jogo e o tempo para responder os questionários que foram aplicados antes e após a realização do jogo. O link do jogo era enviado aos alunos durante esse encontro, sendo solicitado para que os participantes compartilhassem a tela do computador para que o desempenho do aluno fosse visualizado e registrado.

Instrumentos de Avaliação

Dois instrumentos avaliativos foram utilizados para análise preliminar da efetividade do jogo “Produtos perigosos e sustentáveis” como ferramenta de Educação Científica. O primeiro instrumento avaliativo consistiu na análise das respostas dadas pelos alunos a um formulário de avaliação do jogo (Quadro 2), que foi aplicado após os alunos concluírem o jogo.

Quadro 2 - Formulário de avaliação do jogo aplicado aos alunos

nº	Questão - PÓS – TESTE
1	Qual foi o nível de dificuldade do jogo?
2	O jogo te auxiliou a compreender que a forma que descartamos os produtos que utilizamos poderá impactar sobre o meio ambiente e os seres vivos.
3	O jogo te auxiliou a compreender que existem produtos mais sustentáveis, e que causam menor impacto no meio ambiente.
4	O jogo te auxiliou a refletir que alguns produtos que usamos diariamente, e que vão para o tratamento de esgoto são futuramente descartados no meio ambiente.
5	O jogo te fará pensar e te influenciará durante as suas compras.
6	Após jogar, você considera as pesquisas científicas ecotoxicológicas: A – Não são importantes, B – Continuo sem entender se são importantes; C – Importantes.

Legenda: nº: Número da questão. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

O segundo instrumento avaliativo consistiu na comparação das respostas dadas as três questões presentes nos questionários de diagnóstico, respondidas antes (pré-teste) e após (pós-teste) a realização do jogo (Quadro 3). Essas questões foram analisadas considerando parâmetros quantitativos (classificação das respostas antes e após o jogo em percentuais) e qualitativos (análise das respostas dadas pelos alunos antes e após o jogo).

Para a classificação das respostas obtidas do questionário comparativo, estabelecemos algumas palavras-chave como critério avaliativo. Para responder de forma completa a questão, os participantes deveriam atender os requisitos apresentados nas palavras-chave (Quadro 3).

Quadro 3 - Questões, palavras-chave e classificação das respostas referentes ao questionário comparativo respondido pelos participantes

nº	Questão - Questionário comparativo	Palavras-chave	Classificação das respostas
----	------------------------------------	----------------	-----------------------------

1	O que você entende por contaminação ambiental?	Agente causador/ Impactos/ Quem é afetado?	Inadequada/ Incompleta/ Adequada.
2	Você já ouviu falar em produtos sustentáveis ou verdes? O que isso significa para você.	O que são?/ Quais os benefícios desses produtos?	Não conheciam/ Incompleta/ Adequada.
3	Você já ouviu falar em testes ecotoxicológicos? O que são eles e qual a sua importância?	O que são?/ Quais os benefícios ou contribuições desses testes?	Não conheciam/ Incompleta/ Adequada.

Legenda: nº: Número da questão. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Análise estatística

Em relação ao questionário comparativo, as respostas dos participantes foram classificadas (conforme descrito no quadro 3) e os dados foram analisados utilizando a ferramenta *GraphPad Prism 8.0.1*. O teste de *Kolmogorov-Smirnoff* foi aplicado para verificar a normalidade dos dados e, a seguir foram utilizados os testes de *Wilcoxon* e *t-Student* pareados para avaliar dados não-paramétricos e paramétricos, respectivamente. Estes testes foram conduzidos considerando um nível de significância de $p \leq 0,05$, indicando a presença de diferença estatística entre a classificação das respostas do questionário comparativo antes e após o jogo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os alunos que jogaram “Produtos Perigosos ou Sustentáveis” foram participativos, demonstraram interesse e foram capazes de concluir o jogo. A pontuação média dos participantes foi de 111 pontos, variando entre 94 e 128 pontos. Esses resultados são positivos, pois indicam que os alunos tiveram um bom desempenho no jogo, atingindo pontuações consideradas boas, ótimas e excelentes. Desta maneira, podemos sugerir que a escolha de um jogo como ferramenta para Educação Científica na temática de contaminação ambiental e sustentabilidade foi acertada. Essa percepção corrobora com outros estudos que já relataram os benefícios que jogos digitais educacionais podem oferecer em sala de aula, como a interatividade dos alunos e melhor compreensão do conteúdo proposto (SILVA; ANTUNES, 2017; MELLO; FONSECA; DUSO, 2018; OLIVEIRA; SILVA, 2019; SANTOS; LEITE, 2019; OLIVEIRA et al., 2020). Assim, a partir do desempenho dos estudantes no jogo “Produtos perigosos e sustentáveis” e nos demais trabalhos reportados, os jogos digitais podem ser considerados aliados do professor, podendo ser aplicados como uma ferramenta educacional para complementar ou contextualizar com os conteúdos abordados em sala de aula (SILVA; ANTUNES, 2017; MELLO; FONSECA; DUSO, 2018; LIMA et al., 2020).

A utilização exitosa de jogos como ferramenta para promover a Educação Científica já foi reportada no estudo de Santos-Filho et al., 2020, no qual os autores, desenvolveram um jogo de tabuleiro e apresentaram uma problemática ambiental em forma de quadrinhos para os alunos participantes. Os pesquisadores avaliaram o conhecimento dos alunos após o jogo, por meio de questionários, e os dados obtidos indicaram que o jogo foi capaz de estimular o pensamento crítico dos alunos, com a elaboração de hipóteses e, alcançando diferentes resultados a partir do método científico escolhido. Nosso trabalho também obteve resultados positivos em relação ao entendimento dos alunos do papel dos cientistas e da importância das pesquisas científicas. Ademais, o jogo digital “Produtos Perigosos ou Sustentáveis” possui uma vantagem na possibilidade de ser aplicado em cenário EAD, como a necessidade de adaptação dos professores por ferramentas tecnológicas no remoto, no cenário de pandemia da COVID-19.

Além disso, BRASIL (2017) destaca que a Educação Científica aplicada nas temáticas das Ciências da Naturezas, permite que os estudantes atinjam habilidades para debater em torno de temas científicos e tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental, de modo que sejam capazes de propor soluções seguras e sustentáveis em seu cotidiano. Santos e Burlamaqui (2020) acrescentam que o uso de ferramentas digitais, como os jogos, pode ser contemplado no ensino em diversos componentes curriculares, principalmente para motivar e engajar os estudantes, proporcionando momentos lúdicos de aprendizagem. Rodrigues-Moura e Gonçalves (2020) relatam que a Educação Científica promove uma

cultura científica no ensino, contribuindo para a formação dos estudantes como cidadãos críticos e conscientes. Dessa forma, os autores recomendam a aplicação da Educação Científica na Educação Básica como forma de atender as competências específicas e habilidades propostas pela BNCC na área de Ciências da Natureza e suas tecnologias.

Todos os alunos responderam ao formulário que avaliava o jogo como ferramenta de educação de científica, utilizado como o segundo instrumento para avaliar a efetividade deste jogo. A partir dos dados coletados, verificamos a aprovação e o grau de dificuldade do jogo, de acordo com os participantes (Figura 3).

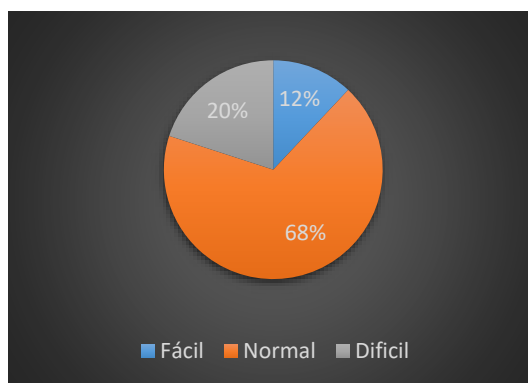


Figura 3 – Percentual do grau de dificuldade do jogo “Produtos Perigosos ou Sustentáveis”.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme observado pela Figura 3, um total de 68% (n= 17), considerou a dificuldade do jogo “Produtos Perigosos ou Sustentáveis” como média, enquanto 12% (n= 3) consideraram fácil e 20% (n= 5) difícil. Além disso, os alunos indicaram o jogo como jogo desafiador, pois requeria que o jogador refletisse sobre um tema importante para progredir nas fases do jogo:

Estudante 8: “O conteúdo em si era fácil, as letras embaralhadas tornavam o jogo mais desafiador”.

Estudante 9: “As palavras embaralhadas induzem a pensar, o jogo deve ser compartilhado com todo mundo”.

Estudante 14: “Gostei bastante, porque além de nos entreter adivinhando qual palavra é, saímos do jogo com um aprendizado que é muito importante”.

Estudante 18: “Eu particularmente gostei do jogo. Gosto bastante de jogos de perguntas, pois incentiva o jogador a pensar e também a conhecer assuntos”.

Estudante 21: “Jogo com informações importantes, seria interessante disponibilizar para crianças para conscientização”.

Estudante 25: “Uma forma divertida de aprender”.

O objetivo desta proposta de Educação Científica a respeito de “Produtos Perigosos ou Sustentáveis” está relacionado com a conscientização dos estudantes sobre o uso desses produtos e o seu impacto para o meio ambiente e para os seres vivos, de modo a desenvolver as competências de pensamento crítico e autonomia, propostas pela BNCC. Nesse sentido, no formulário aplicado aos estudantes em relação a suas percepções relacionadas ao jogo, os alunos deveriam responder a uma questão, na qual poderiam concordar ou discordar (totalmente ou parcialmente) com quatro afirmações utilizadas para verificar a efetividade do jogo no desenvolvimento das competências supracitadas (Quadro 4).

Quadro 4 - Percentual de alunos que concordam ou discordam (totalmente ou parcialmente) com a contribuição do jogo para o desenvolvimento de competências socio-científicas

n°	Descrição da questão	Classificação das respostas
----	----------------------	-----------------------------

		CT	CP	DP	DT
4-I	O jogo te auxiliou a compreender que a forma que descartamos os produtos que utilizamos poderá impactar sobre o meio ambiente e os seres vivos?	100%	0%	0%	0%
4-II	O jogo te auxiliou a compreender que existem produtos mais sustentáveis, e que causam menor impacto no meio ambiente?	100%	0%	0%	0%
4-III	O jogo te auxiliou a refletir que alguns produtos que usamos diariamente, e que vão para o tratamento de esgoto são futuramente descartados no meio ambiente?	100%	0%	0%	0%
4-IV	O jogo te fará pensar e te influenciará durante as suas compras?	92%	8%	0%	0%

Legenda: CT – concordo totalmente; CP – concordo parcialmente; DP – discordo parcialmente; DT – discordo totalmente; nº: Número da questão. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Conforme observado no Quadro 4, em três das quatro questões, 100% (n= 25) dos alunos concordaram totalmente com as afirmações feitas. O alto percentual obtido nestas questões sugere que o jogo conseguiu promover a conscientização dos alunos sobre o uso de produtos perigosos ou sustentáveis. Isso pode ser avaliado, verificando que os estudantes compreenderam as questões-chave do jogo, como o destino final dos contaminantes no meio ambiente; o perigo do descarte incorreto de produtos e os impactos causados aos organismos vivos e ao meio ambiente.

Na única questão em que não houve 100% de concordância, 92% (n= 23) dos alunos afirmaram que o jogo influenciaria totalmente na decisão de comprar um produto, enquanto 8% (n= 2) deles relataram que o jogo influenciaria parcialmente nas suas decisões ao comprar um produto. Há estudos que buscam entender fatores que influenciam na busca de consumidores por produtos ecológicos, como fatores sociais, econômicos, emocionais (decisões afetivas) ou tipo de informações na embalagem do produto (WIEDERHOLD; MARTINEZ, 2018; BANGSA; SCHLEGELMILCH, 2019). Isso ocorre porque muitos consumidores de produtos não querem sair da sua “zona de conforto” para procurarem ou consumirem produtos mais sustentáveis, seja por fatores sociais ou econômicos. Nem sempre atributos de sustentabilidade direcionam na escolha do consumidor, mesmo quando os consumidores valorizam questões de sustentabilidade (ROKKA; UUSITALO, 2008).

A compreensão dos estudantes acerca da importância da conscientização quanto ao uso de produtos perigosos e o desenvolvimento de competências gerais (pensamento crítico e autonomia) foram novamente observados quando 100% (n= 25) dos estudantes reconheceram a importância das pesquisas ecotoxicológicas como relevantes. A partir desses testes, é possível investigar o potencial de toxicidade de um produto e os impactos que podem causar ao meio ambiente e aos organismos. Com isso, observamos como a utilização de um jogo digital pode ser interessante, atuando como mediador para Educação Científica e, estabelecendo uma proximidade entre os alunos com as pesquisas científicas.

A efetividade do jogo como ferramenta de Educação Científica na temática abordada foi também mensurada por meio de um questionário comparativo de três questões, aplicado antes e após a realização do jogo. Nesse sentido, ao observar os dados promissores do quadro 4, verificamos que os questionários comparativos apresentaram porcentagens menores de alunos que realmente entenderam os temas abordados. Isso indica que os alunos compreenderam a importância do uso de produtos sustentáveis e os prejuízos que produtos tóxicos podem causar ao meio ambiente, mas que parte desses estudantes ainda tinham dificuldade de definir e responder corretamente os questionários comparativos.

A primeira questão do questionário comparativo solicitou que os estudantes definissem contaminação ambiental. Nesta questão, o número de respostas consideradas adequadas aumentou de 8% (n= 2) para 52% (n= 13) após a aplicação do jogo. Em contrapartida, houve uma redução das respostas

incompletas de 72% (n= 18) para 44% (n= 11) e inadequadas de 20% (n= 5) para 4% (n= 1). A partir desses dados, percebe-se que após o jogo, 48% (n= 12) ainda não conseguiram responder corretamente à questão. No entanto, é importante ressaltar que 52% (n= 13), mais da metade dos alunos, conseguiram entender adequadamente o conceito de contaminação ambiental e o efeito negativo que produtos perigosos apresentam ao meio ambiente. Após a realização do jogo, a porcentagem dos alunos capazes de compreender este conceito teve um aumento de 6 vezes. Além disso, as respostas dos alunos na questão 1, apresentaram médias significativamente diferentes ($p < 0,0001$), antes e após o jogo. Assim, é possível relatar, que de forma geral, os participantes conseguiram entender os efeitos prejudiciais de produtos que são considerados contaminantes ambientais e, como os seres vivos podem ser impactados por esses produtos.

Tão importante quanto os dados em percentuais que indicam a evolução das respostas dadas pelos alunos a essa questão, são os dados qualitativos, que podem ser observados pela comparação das respostas dadas por um mesmo estudante a esta questão, antes e após o jogo (Quadro 5).

Quadro 5 - Respostas selecionadas dos participantes na questão 1 do formulário

E	PRÉ - TESTE	PÓS - TESTE
5	“O ser humano contaminar o meio ambiente”.	“É quando jogamos produtos nocivos aos seres vivos e ao meio ambiente”.
7	“Eu entendo por contaminação ambiental quando há muita poluição em certo local a ponto de contaminar o solo e a vegetação ao redor”.	“Contaminação ambiental é quando há muitos produtos nocivos e tóxicos no meio ambiente”.
8	“Fatores químicos ou microrganismos que alteram as características naturais, paisagem. Ex: A água do rio contaminada”.	“O que eu entendo sobre contaminação ambiental, eu acredito que seja, quando no meio ambiente possuem fatores nocivos ou químicos que possam alterar conseqüentemente a "característica" sendo por atributo da natureza. Um exemplo já citado anteriormente, a água do rio que pode ser contaminada por algum contaminante químico como, substâncias tóxicas, ou por bactérias”.
11	“Lixos nos mares”.	“Produtos ou substâncias tóxicas que prejudicam o meio ambiente”.
13	“Alguma coisa que o ser humano faz que contamina e prejudica o meio ambiente”.	“Quando produtos que usamos afeta o meio ambiente”.
24	“Poluição do meio ambiente causada por seres humanos, como lixos e queimadas”.	“São substâncias jogadas no meio ambiente e dependendo da quantidade pode ser muito prejudicial a natureza”.

Legenda: E: Estudante. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Conforme observado nas respostas do quadro 5, podemos perceber uma clareza maior dos participantes no questionário realizado após ao jogo, atingindo as palavras-chave esperadas pelos autores, para uma resposta considerada adequada. Os dados em percentuais de repostas consideradas adequadas, juntamente com os dados qualitativos e relativos a formulação mais correta das respostas, demonstram a importância desse jogo para conscientização e para a evolução do conhecimento e pensamento crítico dos alunos na temática abordada.

Na segunda questão, os participantes deveriam responder se sabiam o que eram produtos sustentáveis e explicar este termo. Nesta questão, o número de alunos que conhecia o termo e era capaz de defini-lo aumentou de 36% (n= 9) para 92% (n= 23) após a aplicação do jogo. Em contrapartida, houve uma redução de 48% (n= 12) para 8% (n= 2) do número de alunos que conheciam o termo, mas não eram capazes de defini-lo. Além disso, o percentual do número de alunos que nunca haviam ouvido falar sobre o termo produtos sustentáveis antes do jogo foi reduzido de 16% (n= 4) a zero. Os dados obtidos referentes as respostas dos alunos dessa questão, apresentaram médias significativamente diferentes

($p < 0,0002$), antes e após o jogo. Esses dados são satisfatórios, pois conseguimos visualizar um aumento significativo na porcentagem de alunos que conseguiram definir corretamente produtos sustentáveis.

Os dados qualitativos obtidos através do comparativo das respostas dadas pelo mesmo aluno antes e após a realização do jogo para essa questão (Quadro 6) indicam que os estudantes estavam mais familiarizados com o tema no segundo momento.

Quadro 6 - Respostas selecionadas dos participantes na questão 2 do formulário

E	PRÉ - TESTE	PÓS - TESTE
6	“Sim, tipo produtos reutilizáveis”.	“Produtos que não afetam o meio ambiente”.
7	“Já ouvi falar, porém não sei ao certo como são. No meu pensamento produtos sustentáveis são aqueles que dão para reaproveitar, como exemplo, garrafa pet, plástico, algum brinquedo”.	“São produtos que não são nocivos e prejudiciais ao ser humano e o meio ambiente”.
8	“Sim, traz melhoria de forma geral, ambiental, político-econômico e social”.	“Sendo, produtos sustentáveis e verdes, já ouvi falar sim! Esse contexto é de suma importância, pois eles são soluções para não haver tanto impacto no meio ambiente, não prejudicando ecossistemas, trazendo a prevenção da biodiversidade que é muito ponderoso, leva ao uso reduzido de energia, água e outros recursos, ambos têm perspectivas de respeito com a natureza”.
13	“Já ouvi falar, mais não sei explicar”.	“Sim, são aqueles produtos menos prejudiciais ao meio ambiente”.
14	“Acho que são produtos naturais, não ouvi muito sobre”.	“Eu já tinha ouvido falar, porém não sabia exatamente o que era, e agora com o jogo me ajudou a entender mais sobre. E é algo que realmente é muito importante para o mundo, ajudando a evitar o consumo de produtos industrializados que prejudicam o meio ambiente, usando agora produtos mais naturais”.
22	“Não”.	“Produto sustentável pra mim significa que apresenta o melhor desempenho ambiental”.

Legenda: E: Estudante. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Conforme observado nas respostas dos alunos no quadro 6, a maioria dos estudantes explicou e discutiu adequadamente sobre os produtos mais benéficos para o meio ambiente. Dessa forma, o jogo parece ter contribuído para que os alunos fossem capazes de reconhecer o papel de produtos sustentáveis para um meio ambiente mais saudável e melhoria na qualidade de vida dos seres vivos. Segundo Fjællingsdal e Klöckner (2019), a educação e sustentabilidade têm se tornado um assunto de interesse entre os desenvolvedores de jogos, que se preocupam com o meio ambiente. Isso decorre da preocupação com um meio ambiente mais saudável e da necessidade de educar cientificamente desde cedo os alunos.

Por fim, na terceira questão, os estudantes foram questionados sobre o seu conhecimento acerca de testes ecotoxicológicos. Nessa questão, antes da realização do jogo, apenas 8% ($n = 2$) dos alunos afirmaram conhecer este termo, mas não foram capazes de defini-lo corretamente. Enquanto, 92% ($n = 23$) dos estudantes afirmaram não conhecer o termo ecotoxicologia. Após a realização do jogo, todos os alunos afirmaram conhecer o termo em questão, sendo que 88% ($n = 22$) o definiram corretamente, e 12% ($n = 3$) explicaram de forma incompleta. As médias das respostas da questão 3, antes e após o jogo, foram consideradas diferentes estatisticamente ($p < 0,0001$), sugerindo que os alunos passaram a compreender o significado de testes ecotoxicológicos. Essa percepção é corroborada pelas respostas dadas pelos estudantes no questionário realizado após o jogo:

Estudante 1: “Sim, eles testam a toxicidade de produtos e como afetam os organismos, por exemplo: se não tivessem esses testes, agrotóxicos perigosos não seriam proibidos para o uso”.

Estudante 9: “Sim, testam o quão prejudicial é um produto no ecossistema, e assim é possível classificar o quão ruim é aquilo e assim conseguir achar métodos para diminuir esse problema, encontrando produtos melhores para substituir (produtos sustentáveis)”.

Estudante 10: “Mede os efeitos de diferentes concentrações de uma amostra em indivíduos de uma determinada espécie e podem ser realizados e utilizados em organismos aquáticos ou terrestres”.

Estudante 13: “Sim, estes testes importantes que verifica o quão prejudicial é um produto e pode evitar/prevenir danos ao meio ambiente”.

Estudante 14: “Antes eu não sabia o que era. Esses testes ajudam, a saber, qual efeito pode ser prejudicial para os seres vivos. E isso é extremamente importante, porque vai ajudar o nosso meio ambiente, criando uma melhora para nós seres vivos e a natureza”.

Estudante 18: “Graças a este jogo, eu compreendi a importância dos testes ecotoxicológicos, que são feitos para determinar se um produto é prejudicial ou não ao meio ambiente. É importante, pois ajuda as indústrias a se tornarem cada vez menos poluentes e respeitar a natureza”.

Os dados obtidos nesta questão indicam que o jogo foi capaz de divulgar a importância dos testes ecotoxicológicos e o uso de produtos sustentáveis. Esses resultados são fundamentais para uma análise preliminar do papel do jogo “Produtos Perigosos ou Sustentáveis” como uma ferramenta promissora para a Educação Científica. Além disso, o jogo atendeu as expectativas em relação ao seu potencial de conscientizar e promover a autonomia e o pensamento crítico e responsável em torno de temas ambientais e sustentáveis pelos estudantes.

A aplicação de questionário avaliativo pode ser um instrumento fundamental para mensurar se um jogo educacional foi eficiente para atuar como ferramenta de educação científica. Adams e Nunes (2018) e Krause, Felber e Venquiaruto (2018), avaliaram o potencial de um jogo educacional, através da observação e da análise dos dados obtidos dos questionários aplicados. Esses instrumentos avaliativos permitem observar se o jogo cumpriu seu objetivo educacional. Santos-Filho et al., 2020 utilizaram como instrumento avaliativo questionários comparativos para mensurar o conhecimento prévio dos alunos antes de jogar e o conhecimento adquirido pelos estudantes, após o jogo. Nosso estudo também utilizou questionários comparativos e, os resultados dos questionários aplicados com os estudantes e a evolução das respostas e compreensão dos alunos, foram úteis e essenciais para determinar o potencial do jogo como ferramenta educacional.

De maneira geral, a partir dos resultados obtidos nesse trabalho, verificamos que o jogo “Produtos Perigosos ou Sustentáveis” apresentou um bom aceite pelos estudantes e permitiu a interatividade e pensamento crítico enquanto respondiam as questões. Lima et al., 2020 acrescentam que jogos são ferramentas lúdicas que podem ser amplamente exploradas na educação, com auxílio do professor, permitindo a contextualização de temas socialmente relevantes com os conteúdos vistos em sala de aula. A partir da avaliação do desempenho dos alunos nas questões do jogo, é visível o impacto positivo que uma ferramenta tecnológica digital pode ter sobre os alunos em sala de aula e o seu potencial como ferramenta para promover a educação científica. Dessa forma, podemos dizer que o jogo teve um efeito positivo para conscientizar e educar cientificamente sobre um tema relevante no contexto de sustentabilidade e proteção ao meio ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho investigou o potencial do jogo “Produtos Perigosos ou Sustentáveis” de atuar como uma ferramenta de Educação Científica para alunos da Educação Básica. O jogo contribuiu para a conscientização dos alunos, com o desenvolvimento de competências e habilidades, como a autonomia e o pensamento crítico perante a temática de contaminação ambiental e o uso de produtos mais sustentáveis. Por meio dos resultados desse trabalho, verificamos que o jogo pode ser útil para incentivar os alunos a terem práticas mais sustentáveis, promover a interação dos jogadores com assunto e o posicionamento crítico dos alunos, além de demonstrar a importância das pesquisas ecotoxicológicas.

Além disso, os alunos atingiram boas pontuações no jogo e tiveram bons desempenhos nos questionários comparativos (antes e após o jogo).

Ademais, por meio da aplicação dos dois instrumentos avaliativos desse trabalho, para determinar o desempenho dos alunos, conseguimos mensurar o efeito positivo do papel do jogo “Produtos Perigosos ou Sustentáveis”, como uma ferramenta lúdica educacional para conscientizar e divulgar o conhecimento científico aos jogadores. Com base nos resultados deste estudo, podemos sugerir que o jogo foi efetivo para educar cientificamente os estudantes na temática apresentada e sua aplicação pode ser interessante para os alunos da Educação Básica para relacionar com conteúdos de sustentabilidade e educação ambiental. O único obstáculo da utilização de um jogo digital é a necessidade de acesso a internet e muitas escolas não possuem disponibilidade de sala de informática. No entanto, os professores podem passar o jogo para os alunos acessar em casa e posterior discussão em sala de aula, inclusive pode ser realizada uma gravação da tela do computador com o jogo por meio de ferramentas como o OBS Studio, para apresentar aos alunos carentes.

AGRADECIMENTOS

Nós agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/PROAP – Código Financeiro 001) pelo suporte financeiro e bolsa de estudo concedida a K.M.G.O.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, F. W.; NUNES, S. M. T. O jogo didático “na trilha dos combustíveis”: em foco a termoquímica e a energia. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, Foz do Iguaçu, v. 2, n. 2, p. 90-105, 2018.
- ALVES, D. F. S.; SILVA, J. F. M. Jogos digitais: uma revisão sobre definições, fundamentos e aplicações no ensino de ciências. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, Foz do Iguaçu, v. 4, n. 1, p. 80-94, 2020.
- BAI, Y.; LI, X. Y.; LIU Z. J.; ZHANG, Y. H. Effects of octylphenol on the expression of StAR, CYP17 and CYP19 in testis of *Rana chensinensis*. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 51, p. 9–15, 2017.
- BANGSA, A. B.; SCHLEGELMILCH, B. B. Linking sustainable product attributes and consumer decision-making: Insights from a systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 245, p. 118902, 2019.
- BARRETO, G. S. N.; XAVIER, J. L.; SANTOS, J. D.; MESQUITA, N. A. S. O processo de criação de um software educacional para o processo de ensino e aprendizagem de química. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, Foz do Iguaçu, v. 1, n. 2, p. 90-106, 2017.
- BAYRAM-JACOBS, D. **Responsible Research and Innovation: What is it? How to Integrate in Science Education**. In : International Congress on Education for the Future: Issues and Challenges (ICEFIC), 2015, Ankara, Turkey. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/279204567_RRI_What_is_it_How_to_Integrate_in_Science_Education>. Acesso em: 6 jun. 2021.
- BRANCO, A. B. G.; BRANCO, E. P.; ZANATTA, S. C.; NAGASHIMA, L. A. O letramento científico na BNCC: possíveis desafios para sua prática. **Revista Contemporânea de Educação**, v. 15, n. 33, 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.
- BUENO, W. C. B. Jornalismo científico: revisitando o conceito. In: VICTOR, C.; CALDAS, G.; BORTOLIERO, S. (Org.). **Jornalismo científico e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: All Print, p.157-78, 2009.

CAMARGO, B. V.; BARBARA, A.; BERTOLDO, R. B. A influência de vídeos documentários na educação científica de conhecimento sobre a Aids. *Psicologia: Reflexão e Crítica*. [online], v. 21, n. 2, p. 179-185, 2008.

CAVALCANTI, D. C. São Paulo (Estado) Secretaria do Meio ambiente / Coordenadoria de Planejamento Ambiental. Consumo Sustentável. São Paulo: SMA/ CPLA, 2011.

CHEN, K-D.; WAN, X.; CHEN, P-K. Learning Outcomes for Improving Science Entrepreneurship in Higher Education. *SAGE Open*, v. 11, p. 1-15, 2021.

CLARK, D. B.; NELSON, B. C.; CHANG, H.-Y.; MARTINEZ-GARZA, M.; SLACK, K.; D'ANGELO, C. M. Exploring Newtonian mechanics in a conceptually-integrated digital game: comparison of learning and affective outcomes for students in Taiwan and the United States, *Computers & Education*, v. 57, p. 2178–2195, 2011.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS (CBMGO). Manual operacional de bombeiros. **Procedimentos para atendimento de emergências com produtos perigosos**. Goiás: CBMGO, 2016. Disponível em: <<https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/MOB-Produtos-Perigosos.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2021.

FIORES, C. A.; CUNHA, M. B. A leitura de textos de educação científica e a produção de histórias em quadrinhos. **Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 12, n. 26, p. 1-15, 2020.

FJÆLLINGSDAL, K. S.; KLÖCKNER, C. A. Gaming Green: The Educational Potential of Eco - A Digital Simulated Ecosystem. *Frontiers in psychology*, v. 10, p. 1-13, 2019.

FRANÇA, A. A. **Educação científica no Brasil: espaços de interatividade na Web**. 2015. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade) - Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

GONÇALVES, C. D. Cientistas e leigos: uma questão de comunicação e cultura. **Comunicação E Sociedade**, v. 6, p. 11-33, 2004.

IVANISSEVICH, A. A missão de divulgar ciência no Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 61, n. 1, p. 4-5, 2009.

KIM, J.; HILL, R.W.; DURLACH, P. J.; LANE, H.C.; FORBELL, E.; CORE, M.; MARSELLA, S.; DAVID PYNADATH, D.; HART, J. BiLAT: A game-based environment for practicing negotiation in a cultural context, **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 19, p. 289–308, 2009.

KRAUSE, J. C.; FELBER, D.; VENQUIARUTO, L. D. O uso de jogos digitais como ferramenta de auxílio para o ensino de Física. **Revista Insignare Scientia**, v. 1, n. 2, p.1-25, 2018.

LESTER, J. C.; SPIRES, H. A.; NIETFELD, J. L.; MINOGUE, J.; MOTT, B. W.; LOBENE, E. V. Designing game-based learning environments for elementary science education: A narrative-centered learning perspective. **Information Sciences**, v. 264, p. 4-18, 2014.

LIMA, K. L.; CALAÇA, P. R. A.; MOURA, Y. A. S.; PORTO, A. L. F.; BEZERRA, R. P. Ludicidade como estratégia didática no processo de ensino-aprendizagem em bioquímica: perspectiva sob olhar docente. **Revista De Ensino De Biologia Da SBEnBio**, v. 14, n. 2, p. 883-899, 2021.

MELLO, L. F.; FONSECA, E. M.; DUSO, L. Agrotóxicos no ensino de química: proposta contextualizada através de um jogo didático. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, Foz do Iguaçu, v. 2, n. 1, p. 76-90, 2018.

OLIVEIRA, R. D. V. L.; FERRAZ, V. G.; SILVA, J. R. R. T.; MELO, M. S. O jogo digital “assassin’s creed origins” como um espaço de decolonização da ciência: uma análise do modo turismo à luz do entendimento de química ancestral africana. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, p. 14-27, 2020.

OLIVEIRA, R. D. V. L.; SILVA, J. R. R. T. Jogos digitais como arte na interface entre educação científica e educação em direitos humanos: reflexões e possibilidades. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, v. 3, n. 2, p. 12-34, 2019.

OLIVEIRA, S. **Limites e potencialidades do enfoque CTS no ensino de química e a utilizando a temática qualidade do ar interior.** 2015. 362 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

RODRIGUES-MOURA, S.; GONÇALVES, T. V. O. Por uma cultura científica para a incorporação social da ciência: implicações curriculares na BNCC. **Horizontes – Revista de Educação**, Dourados-MS, v. 8, n. 15, p. 133-149, 2020.

ROKKA, J.; UUSITALO, L. Preference for green packaging in consumer product choices - Do consumers care? **International Journal of Consumer Studies**, v. 32, p. 516–525, 2008.

SANDBROOK C.; ADAMS W. M.; MONTEFERRI, B. Digital games and biodiversity conservation. *Conservation Letters*, v. 8, p. 118–124, 2015.

SANTOS FILHO, R.; OLIVEIRA, K. M. G.; TURECK, L. V.; ALLE, L. F.; LEME, D. M. CIÊNCIA NA ESCOLA: Elaboração, aplicação e avaliação de um jogo na temática de ecotoxicologia como ferramenta de educação científica. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, Foz do Iguaçu, v. 4, n. 1, p.114-134, 2020.

SANTOS, J. T. G.; BURLAMAQUI, A. M. F. Tecnologias digitais desenvolvidas para o ensino por competências e habilidades no ensino fundamental após a BNCC: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 18 n. 1, p. 1-10, 2020.

SANTOS, M. L. B.; LEITE, A. E. Jogos digitais e os três momentos pedagógicos: avaliando o potencial do jogo angry birds para motivar os alunos a aprender física. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, Foz do Iguaçu, v. 3, n. 2, p. 69-80, 2019.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, p. 474-492, 2007.

SILVA, M. R.; ANTUNES, A. M. Jogos como tecnologias educacionais para o ensino de genética: A aprendizagem por meio do lúdico. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, Foz do Iguaçu, v. 1, n. 1, p. 175-186, 2017.

WELDESLASSIE, T.; NAZ, H.; SINGH, B.; OVES, M. **Chemical Contaminants for Soil, Air and Aquatic Ecosystem.** In: Oves M., Zain Khan M., M. I. Ismail I. (eds) *Modern Age Environmental Problems and their Remediation.* Springer, Cham. p. 1-22, 2018.

WIEDERHOLD, M.; MARTINEZ, L. Ethical consumer behavior in Germany: The attitude-behavior gap in the green apparel industry. **International Journal of Consumer Studies**, v. 42, n. 4, p. 419-429, 2018.

XAVIER, J. L. A.; GONÇALVES, C. B. A relação entre a educação científica e a escola. **Revista ARETÉ**, v. 7, n. 14, p.182-189, 2014.

KETELEN MICHELE GUILHERME DE OLIVEIRA: Graduada em Ciências Biológicas (Licenciatura Plena) pela Universidade Estadual do Paraná (2016). Mestre em Genética (2020) pela Universidade Federal do Paraná. Atualmente, é doutoranda, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Genética da UFPR. Atua nas seguintes linhas de pesquisa: Ecotoxicologia, Mutagênese Ambiental e Divulgação Científica – Laboratório de (Eco)Toxicologia In Vitro.

E-mail: ketelenguoliveira@hotmail.com

RONALDO DOS SANTOS FILHO: Graduado em Ciências Biológicas (Licenciatura Plena) pelas Faculdades Integradas Espírita (2010). Especialista em Conservação da Natureza e Educação Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (2012), Mestre (2016), Doutor (2020) e Pós-Doutor (2021) em Genética pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Tem experiência como professor de Ciências e Biologia na Educação Básica. Atualmente, é professor na Educação Básica. Atua nas seguintes linhas de pesquisa: Ecotoxicologia e Divulgação Científica – Laboratório de (Eco)Toxicologia In Vitro; Desenvolvimento de ferramentas para o Ensino de Genética e de Educação Científica – Laboratório de Educação Científica (LEC).

E-mail: ronaldosantosfgo@gmail.com

ALBERTO DE ALMEIDA GUILHERME: Possui graduação em Jogos Digitais (Tecnólogo) pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (2020). Tem experiência em desenvolvimento de jogos e sistemas web. Atualmente atua como coordenador de desenvolvimento em uma agência de comunicação.

E-mail: alberto-a-guilherme@hotmail.com

DANIELA MORAIS LEME: Graduada em Ciências Biológicas (Bacharelado e Licenciatura) pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (2005). Realizou Mestrado (2007), Doutorado (2010) em Ciências Biológicas (Biologia Celular e Molecular) pela mesma instituição. Realizou doutorado sanduiche na Agência de Proteção Ambiental Alemã (UBA, 2009). Realizou Pós-doutorado na Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto (FCFRP-USP) (2011-2014) com período de estágio pós-doutorado no exterior (BASF SE, Alemanha, 2011). Atualmente, é professora adjunta da UFPR –Setor de Ciências Biológicas, Departamento de Genética e membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Genética. Filiada ao Instituto Nacional de Tecnologias Alternativas para Detecção, Avaliação Toxicológica e Remoção de Contaminantes Emergentes e Radioativos (INCT-DATREM), Instituto de Química, Araraquara, SP, Brasil. Orientadora de trabalhos de mestrado e doutorado, atua nas seguintes linhas de pesquisa: (Eco)toxicologia, Métodos alternativos a experimentação animal, Educação para a ciência – Laboratório de (Eco)Toxicologia In Vitro.

E-mail: daniela.leme@ufpr.br