

Produção e avaliação de um jogo didático usando de análises fatoriais para reconhecimento de padrões

Production and evaluation of a didactic game using factor analysis for pattern recognition

Producción y evaluación de un juego didáctico utilizando análisis factorial para el reconocimiento de patrones

Recebido: 18/10/2022 | Revisado: 04/11/2022 | Aceitado: 06/11/2022 | Publicado: 12/11/2022

Rafael Cavalcante Timbó Medeiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0498-4118>
Universidade Federal do Ceará, Brasil
E-mail: rafael2_ufc@yahoo.com.br

Denise Ramos Moreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9468-5589>
Universidade Federal do Ceará, Brasil
E-mail: nise_quimica@hotmail.com

George de Almeida Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0616-798X>
Universidade Federal do Ceará, Brasil
E-mail: georgsilva.2207@hotmail.com

Gisele Simone Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9495-1207>
Universidade Federal do Ceará, Brasil
E-mail: gslopes@ufc.br

Nágila Maria Pontes Silva Ricardo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1849-5403>
Universidade Federal do Ceará, Brasil
E-mail: naricard@ufc.br

Maria Elenir Nobre Pinho Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6896-7179>
Universidade Federal do Ceará, Brasil
E-mail: elenir.ribeiro@ufc.br

Resumo

A questão ambiental está intimamente ligada aos conceitos químicos, assim como a alta relevância de sua abordagem em todas as esferas da sociedade. Associado a isso, sabe-se que, para um ensino eficaz e significativo de Química, é preciso conhecer e testar novas ferramentas com o objetivo de melhorar o aprendizado dos alunos. Nesse sentido, a gamificação pode ser uma boa estratégia no ensino. A usabilidade do jogo didático como ferramenta pedagógica e suas contribuições para o processo de ensino e aprendizagem, devem ser verificadas usando de análises adequadas. Nesta perspectiva, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um jogo de computador utilizando o software livre *001 Game Creator*[®] para abordar a temática da Educação Ambiental (EA) para alunos do Ensino Médio Técnico (EMT). Além disso, foi utilizado a Análise Fatorial (FA) de Máxima Verossimilhança (ML), como ferramenta analítica para avaliação dos resultados obtidos. Participaram da pesquisa 90 alunos de três turmas do EMT, sendo aplicado um questionário para coletar os dados sobre os conhecimentos prévios de EA e as percepções do jogo desenvolvido. Diante do trabalho realizado, foi possível evidenciar que a técnica de análise ML foi uma ferramenta hábil e rápida para o entendimento da avaliação de jogos educativos, identificando que a aplicação do jogo “*Um passeio na Comptrônica*” despertou o interesse dos alunos e proporcionou uma aprendizagem dinâmica e prazerosa, de forma cooperativa e bastante imersiva.
Palavras-chave: Educação ambiental; Análise fatorial; Jogos educativos; Ensino de química.

Abstract

The environmental issue is closely linked to chemical concepts and the high relevance of its approach in all spheres of society. It is known that, for effective and meaningful teaching of Chemistry, it is necessary to understand and test new tools to improve student learning. In this sense, gamification can be a good strategy in teaching. The usability of the didactic game as a pedagogical tool and its contributions to the teaching and learning process must be verified using adequate analysis. From this perspective, the objective of this work was to develop a computer game using the free software *001 Game Creator*[®] to approach the theme of Environmental Education (EE) for students of Technical High School (THS). In addition, Maximum Likelihood (ML) Factor Analysis (FA) was used as an analytical tool to evaluate the results obtained. Ninety students from three THS classes participated in the research, and a questionnaire was applied

to collect data on previous EE knowledge and perceptions of the developed game. Given the work carried out, it was possible to show that the ML analysis technique was a skillful and fast tool for understanding the evaluation of educational games, identifying that the application of the game "A ride on the Comptronics" aroused the interest of the students and provided a learning experience. dynamic and pleasurable, in a cooperative and very immersive way.

Keywords: Environmental education; Factor analysis; Educational games; Chemistry teaching.

Resumen

El tema ambiental está íntimamente ligado a los conceptos químicos, así como la alta relevancia de su abordaje en todos los ámbitos de la sociedad. Asociado a esto, se sabe que, para una enseñanza eficaz y significativa de la Química, es necesario conocer y probar nuevas herramientas con el fin de mejorar el aprendizaje de los estudiantes. En este sentido, la gamificación puede ser una buena estrategia en la enseñanza. La usabilidad del juego didáctico como herramienta pedagógica y sus aportes al proceso de enseñanza y aprendizaje debe verificarse mediante un análisis adecuado. En esa perspectiva, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un juego de computadora utilizando el software libre *001 Game Creator*® para abordar el tema de Educación Ambiental (EA) para estudiantes de la Escuela Técnica Superior (ETS). Además, se utilizó el Análisis Factorial (AF) de Máxima Verosimilitud (MV) como herramienta analítica para evaluar los resultados obtenidos. Noventa estudiantes de tres clases de ETS participaron en la investigación y se aplicó un cuestionario para recopilar datos sobre el conocimiento previo de EA y las percepciones del juego desarrollado. En vista del trabajo realizado se pudo evidenciar que la técnica de análisis MV fue una herramienta hábil y rápida para comprender la evaluación de juegos educativos, identificando que la aplicación del juego "Um passeio na Comptrônica" despertó el interés de los alumnos y proporcionó una experiencia de aprendizaje, dinámica y placentera, de manera cooperativa y muy inmersiva.

Palabras clave: Educación ambiental; Análisis factorial; Juegos educacionales; Enseñanza de la química.

1. Introdução

Temas relacionados às questões ambientais tem sido fortemente discutido em reuniões, conferências, seminários, tratados e convenções nos últimos 50 anos. Dentre esses, destaca-se a Conferência de Estocolmo, realizada em 1972, que adicionou a Educação Ambiental (EA) na agenda mundial, sendo a partir deste momento que houve a implementação de um plano de ação para o enfrentamento da crise ambiental em âmbito mundial (Ardoin *et al.*, 2020; Cararo *et al.*, 2022). A EA abrange uma série de conceitos que vão desde o compartilhamento de conhecimentos e experiências até o estabelecimento de estratégias de conservação, permeando todos os membros de nossa sociedade. Diversas ferramentas e programas com diferentes abordagens são utilizados para difundir conhecimentos e valores da EA, com o objetivo principal de conscientizar sobre a preservação do meio ambiente (Ardoin *et al.*, 2020).

No Brasil, por meio da Constituição de 1988, foi determinado que o Poder Público deve promover a EA em todos os níveis de ensino, transcendendo todo o currículo dos diferentes níveis e modalidades de ensino. A abordagem de tais assuntos na educação dos jovens está prevista na Lei n. 9394, de 1996, intitulada como Lei de Diretrizes e Bases Nacionais da Educação (LDB), que rege a Educação Básica no Brasil, bem como nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), no qual enfatiza que as práticas ambientais responsáveis têm um papel importante na comunidade escolar. Em 2022 entrou em vigor, em todas as escolas da rede básica brasileira de ensino, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Esta base, que foi estruturada desde 2017, sugere que as unidades escolares incorporem aos seus currículos e propostas pedagógicas temas contemporâneos que afetam a vida humana, tal como a EA, apesar de não a considerar como uma área de conhecimento única (Brasil, 2018; Menezes & Miranda, 2021).

Diante do processo de ensino e aprendizagem, entende-se que se trata de um processo dinâmico e ativo, que requer uma atividade mental do estudante de forma constante, já que o aprendizado acontece em todos os momentos, além da necessidade de interações significativas entre as informações novas e os conhecimentos prévios (Silva G. *et al.*, 2022). Nesse sentido a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), explica e se encaixa bem ao processo de ensino e aprendizagem, pois, o ponto chave é a utilização dos conhecimentos prévios do aluno, conhecido como subsunçores, para que haja uma melhor compreensão do conteúdo curricular. Diante a Teoria de Ausubel, entende-se que as sucessivas interações de um determinado subsunçor, o ressignifica e se torna o alicerce para uma aprendizagem significativa (Agra *et al.*, 2019; Ausubel, 1977).

Com o avanço tecnológico vivenciado na atualidade, a utilização de ferramentas digitais na educação cresce constantemente, visto que o fácil acesso à informação e a familiaridade dos alunos com a tecnologia, possibilitam o uso de celulares e computadores como recursos didáticos, pois apresentam benefícios quanto a motivação e participação ativa dos alunos, propiciando aulas mais interativas e agradáveis (Nikolopoulou, 2020). Assim, considerando a perspectiva construtivista de Piaget (1937) atrelada aos *softwares* educacionais, entende-se que uma melhor aprendizagem está relacionada ao bom uso dessas ferramentas, pois possibilitam a construção e reprodução de ambientes próximos à realidade dos alunos e auxiliam no desenvolvimento de conhecimentos abstratos, vinculando maiores significados aos conteúdos (Pereira *et al.*, 2018).

Entende-se que um *software* educacional é uma ferramenta digital que tem como objetivo, facilitar o processo de ensino e aprendizagem, permitindo que o aluno construa determinado conhecimento vinculado a um conteúdo curricular específico, tornando o ensino mais divertido e a aprendizagem mais fácil e agradável (Silva J. & Bianco, 2020; Squires & Preece, 1999). Devido a motivação e imersão dos alunos ao utilizar essas tecnologias, uma maior possibilidade de aprendizado dos conteúdos pode ser atingida, pois, combinam sensações auditivas, visuais e psicomotoras que divertem e facilitam a construção do saber (Conway & Leonard, 2015; Santos Jr. & Almeida, 2020).

Jogos educativos digitais, destacam-se como sendo os *softwares* mais utilizados no ensino, pois tratam o brincar como uma forma de expressão por meio da interação e comunicação, resultando ao mesmo tempo, em efeitos físicos e socioafetivos (Dionizio *et al.*, 2019). No entanto, os jogos não se restringem a um nível educacional específico, tendo sido adotados como ferramentas de apoio ao aprendizado tanto na Educação Básica, como no Ensino Superior (Vasconcelos *et al.*, 2020). Segundo a BNCC, o Ensino Médio deve capacitar o estudante para as demandas contemporâneas e tornar os alunos aptos ao uso de diversas tecnologias, reforçando que jogos e outros meios digitais devem ser aplicados durante o cotidiano da escola (Brasil, 2018).

Dentre a variedade de recursos lúdicos disponíveis, destacam-se os *Role Playing Games* (RPG), sendo caracterizado como uma história que se desenvolve através da ação e reação dos jogadores, sendo, normalmente, jogados de forma presencial, com tabuleiros e objetos usados para contracenar, mas também com diversas versões digitais (Mahlow *et al.*, 2020; Oliveira J. *et al.*, 2017). O RPG é um estilo de jogo que usa a interpretação de papéis para criar ambientes e situações que possibilitam o aprendiz desenvolver uma variedade de habilidades e competências, apresentando um alto fator didático ao necessitar do aluno cognição, criação e motivação, estimulando a socialização e propiciando uma construção mais concreta dos assuntos abordados. Reforçando essa ideia, existem vários referenciais teóricos (Kurniati *et al.*, 2015; Oliveira J. *et al.*, 2017; Souza E., 2015; Souza T. *et al.*, 2015) que destacam o uso de RPGs digitais como precursor de bons resultados para o processo de ensino e aprendizagem. Tais autores utilizaram este estilo do jogo para aproximar o aluno dos assuntos da disciplina, organizando melhor os conteúdos em sua cabeça e tornando-o protagonista na construção de seu conhecimento.

No entanto, além do desenvolvimento e aplicação de um jogo, a avaliação da efetividade educacional e da qualidade pedagógica da ferramenta utilizada é importantíssimo para educação, pois, assim, pode-se constatar que o lúdico está contribuindo para que a aprendizagem dos assuntos seja alcançada de forma satisfatória (Ribeiro *et al.*, 2015). Dentre os vários métodos, a Análise Fatorial (FA) elenca-se como uma excelente ferramenta a ser utilizada para tal avaliação de múltiplas variáveis. Este método tem como objetivo a interpretação de informações relevantes de uma grande quantidade de dados referentes a diversos parâmetros, onde é possível destacar a Análise de Componentes Principais (PCA) ou a Máxima Verossimilhança (ML), dentre outras técnicas usadas para examinar e visualizar matrizes de dados complexos, simplificando a quantidade de informações e considerando as correlações entre elas (Oliveira R. *et al.*, 2012). A Máxima Verossimilhança (em inglês, *Maximum Likelihood - ML*) é uma ferramenta de análise que busca encontrar as cargas fatoriais, ou os valores para determinados parâmetros, que venham maximizar a probabilidade de as amostras gerarem a matriz de correlação observada (Matos & Rodrigues, 2019).

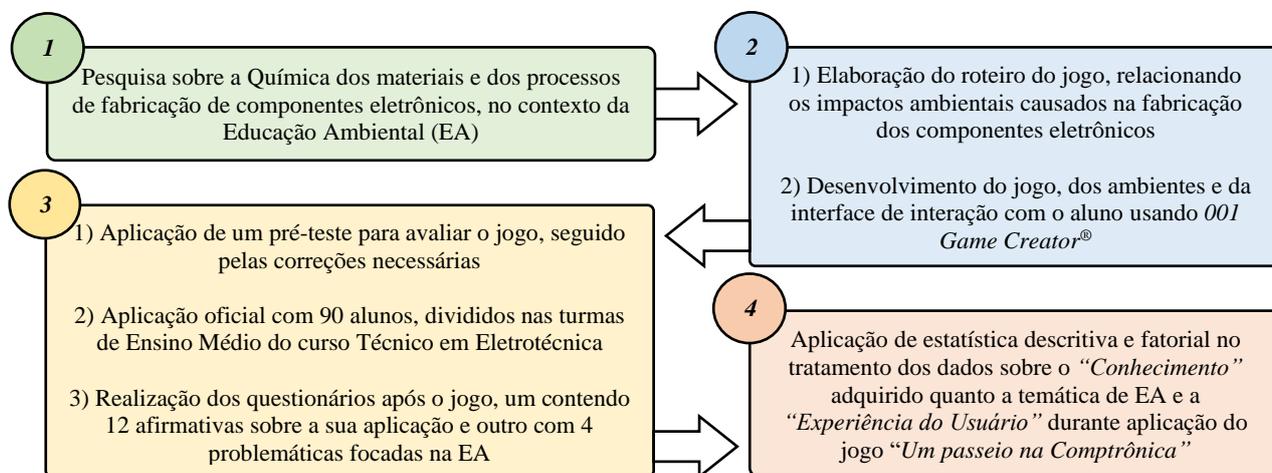
Dessa forma, a literatura mostra a existência de muitas pesquisas que abordam os jogos como uma ferramenta para o ensino de Química, e que aplicam diversos métodos estatísticos para avaliá-los (Armbrecht *et al.*, 2014; Franco-Mariscal *et al.*, 2015; 2016), porém poucos se utilizam das ferramentas de FA, principalmente a ML. Assim, este trabalho tem como objetivo relatar o desenvolvimento e uso de um jogo, abordando os conteúdos de EA no ensino de Química, e utilizar a ML como método de avaliação da efetividade deste recurso didático empregado.

2. Metodologia

Um jogo digital, no estilo de RPG, foi desenvolvido para abordar alguns assuntos da EA, como reciclagem, emissão de gases poluentes na atmosfera, poluição de rios e lagos por efluentes ácidos, usando os conceitos químicos aplicáveis em uma indústria de componentes eletrônicos como contextualização. Além disso, a ML foi utilizada como ferramenta estatística para avaliar e validar os resultados obtidos pelo jogo didático, por meio de uma metodologia focada na análise de duas dimensões a “*Experiência do Usuário*” durante a atividade e o “*Conhecimento*” construído após o jogo.

Como mostra na Figura 1, o trabalho foi estruturado em quatro etapas. Sendo feito na primeira uma revisão bibliográfica, buscando compreender os processos químicos envolvidos durante a fabricação de componentes eletrônicos e as consequências ao meio ambiente do descarte incorreto destes materiais. Com essas informações, na segunda etapa, foi feito o roteiro da história e determinados desafios a serem resolvidos ao longo do jogo, abordando problemas ambientais provocados por uma fábrica de eletrônicos; em seguida, houve o desenvolvimento do jogo, usando a versão gratuita da *001 Game Creator*[®], criando uma boa interface de interação com o jogador, para promover um maior interesse e motivação ao longo do jogo.

Figura 1 - Etapas que foram realizadas do trabalho.



Fonte: Figura elaborada pelo autor, mostrando os passos realizados durante a pesquisa.

Já na terceira etapa, houve a aplicação do jogo, sendo primeiramente na forma de um pré-teste, com uma turma contendo 34 alunos do 2º ano do curso de Técnico em Redes de Computadores da Escola Estadual de Ensino Profissional (EEEP) Professora Alda Façanha em Aquiraz-CE, sendo também apresentado a dois professores de Química e um do curso Técnico em Multimídias, que já utilizaram jogos eletrônicos em suas aulas. Ao término desta aplicação, um questionário sobre o jogo foi realizado com o intuito de avaliar o *design* instrucional, os aspectos tecnológicos, conteudista e gráfico do jogo, apropriando-se dos resultados para a melhoria da versão final do jogo conforme descrito em uma publicação opreória (Medeiros *et al.*, 2020).

Após os ajustes realizados, usando duas aulas de 50 minutos cada da disciplina de Química, o jogo foi oficialmente aplicado usando, ao todo foram 90 alunos divididos entre as turmas de 1º, 2º e 3º ano do Ensino Médio Integrado ao curso

Técnico em Eletrotécnica da mesma escola na qual ocorreu o pré-teste. Em cada momento destinado a aula de Química da turma, os alunos foram levados para o laboratório de informática da escola e cada um ficou com um computador que já tinha o jogo instalado. Após a aplicação do jogo, aplicou-se um questionário com a intenção de avaliar o produto como uma ferramenta educacional e os conhecimentos adquiridos sobre EA. Por fim, a quarta etapa no desenvolvimento do estudo foi avaliar o jogo como uma ferramenta didática eficaz para o ensino de Química, a partir de uma perspectiva contextualizada na indústria de eletrônicos e aplicada à EA, por meio de ferramentas e análises estatísticas e fatorial.

2.1 Descrição do Jogo

O jogo didático, intitulado como “*Um passeio na Comprônica*”, foi pensado e idealizado com a finalidade de fornecer caminhos alternativos que facilitem o ensino e a aprendizagem de Química e EA, utilizando uma simulação prática vivenciada em uma indústria de componentes eletrônicos, onde o jogador deve resolver os problemas e desafios enfrentados no ambiente fabril. O protagonista do jogo é um adolescente de nome Gustavo, filho do dono de uma empresa de médio porte na área de fabricação de componentes eletrônicos. O jogador assumirá o papel de Gustavo e terá a oportunidade de estagiar com o pai, porém em seu primeiro dia de trabalho, ele recebe a notícia de que a empresa está prestes a fechar por questões ambientais, devido à falta de procedimentos que minimizem a poluição do meio ambiente que causam problemas para os moradores do entorno da fábrica. Portanto, ao iniciar o trabalho, o personagem principal torna-se responsável por solucionar alguns problemas relacionados à degradação ambiental, decorrentes dos processos equivocados adotados na fábrica.

Assim começa o jogo, com o personagem operado pelo jogador, buscando solucionar os problemas ambientais causados pela indústria. Depois da contextualização feita, o aluno assume o controle parcial de Gustavo, tendo que seguir uma sequência de ambientes pré-estabelecidos, mas sem ordem definida, com um total de 9 mapas/cenários, em que o jogador terá que interagir com outros personagens e escolher alternativas para solucionar os problemas. Para ajudá-lo nestas atividades, o aluno tem acesso a explicações fornecidas por um professor de Química e uma coleção de livros disponíveis na biblioteca do jogo. Ao entrar nos diferentes mapas espalhados pelo jogo, um problema ambiental será apresentado junto a uma caixa de diálogo contendo as opções cabíveis para resolução do desafio. Com as respostas certas, o jogador acumulará pontos e somente ao final do jogo é dado um *feedback* se o aluno conseguiu atingir o objetivo, que é salvar a empresa e solucionar os problemas ambientais.

2.2 Coleta e Análise dos Dados

O questionário utilizado para a avaliação do jogo após sua aplicação foi uma adaptação de trabalhos anteriores que já avaliaram jogos educacionais (Hauge *et al.*, 2015; Petri *et al.*, 2019; Savi *et al.*, 2010). Durante a realização da pesquisa, todos os professores consultados assinaram cartas de apoio como parte do processo do Comitê de Ética em Pesquisa e todos os alunos participantes consentiram por escrito, em fazerem parte deste estudo. Assim, os resultados apresentados aqui seguem o modelo de avaliação de jogos educativos na perspectiva de dois tópicos principais: a “*Experiência do Usuário*” e o “*Conhecimento*” (Savi *et al.*, 2010). Em que o primeiro, trata-se dos sentimentos vivenciados pelos alunos enquanto jogava, e o outro, remete ao aprendizado relacionado à reciclagem de componentes eletrônicos, à emissão de gases poluentes na atmosfera, à poluição de rios e lagos por efluentes ácidos e ao controle de efluentes do desengraxe das peças.

Após a aplicação oficial do jogo, os alunos responderam um questionário com 12 questões que buscavam entender quais foram as sensações ao jogar. As questões eram afirmativas e seguiram os indicadores de pontuação baseados em uma escala Likert de 5 pontos, indicando o grau de concordância com a afirmação feita, sendo o valor 5 o “*Concordo Totalmente*”, e o 1 “*Discordo Totalmente*”. Além disso, foi realizada mais quatro perguntas avaliando os conhecimentos prévios e adquiridos após o jogo, sendo solicitado aos alunos que atribuíssem notas de 1,0 a 5,0, onde 1,0 corresponde a “*Pouco*” e 5,0 a “*Muito*”, quanto ao conhecimento que possuíam e adquiriram sobre as temáticas ambientais escolhidas. Todos os dados foram retirados dos

questionários e analisados de forma simples, contabilizando as respostas e organizando-as em tabelas de frequência relativa em porcentagem. Além de ter sido calculado as médias e o desvio padrão dos resultados obtidos quanto ao “*Conhecimento*” prático adquirido em EA, antes e após aplicação do jogo, comparando os grupos e reconhecendo diferenças estatísticas significativas entre os dois.

Outro ponto analisado foi o reconhecimento dos fatores extraídos por meio da técnica de ML, usando o *software* livre R 4.2.1[®], seguindo o andamento descrito por Matos e Rodrigues (2019). Sendo, assim, possível realizar um estudo dos dados a partir de uma matriz 20×90, previamente organizada de forma que as questões respondidas (intituladas de *P1* até *P20*) fossem posicionadas como colunas, considerando-as como as variáveis estudadas, enquanto as respostas dos alunos (dadas em valores de 1 a 5, atribuídos pela escala de Likert) estavam dispostos nas linhas, indicando as diferentes amostras obtidas na pesquisa. Avaliando, em seguida, os padrões observados nas matrizes de *loading*, determinando os principais fatores por meio dos autovalores, da variância acumulada e pelos dados extraídos do diagrama de declividade ou *scree plot*.

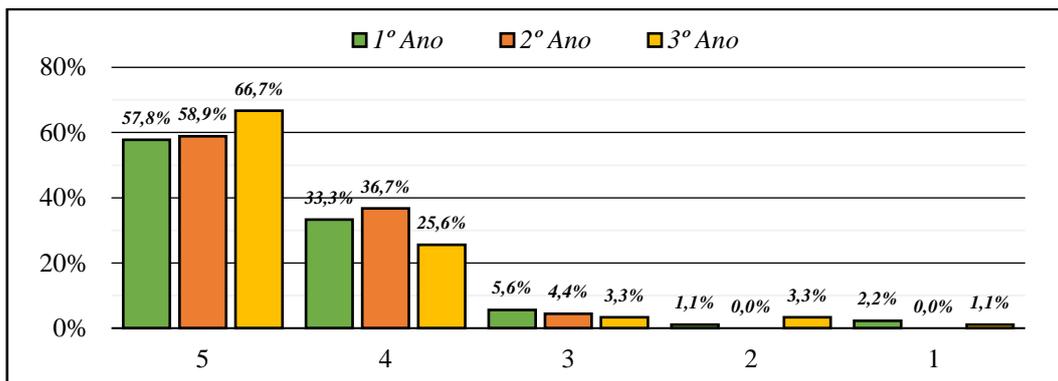
3. Resultados e Discussão

Os jogos educativos carecem de modelos de avaliação que nos permitam determinar se o produto educacional pode cumprir o propósito para o qual foi planejado. Assim, os resultados da avaliação devem ajudar os desenvolvedores com informações sobre a finalidade do material. Portanto, a fim de detalhar mais, as análises dos dados por ambos os métodos estatísticos são apresentadas separadamente, seguidas de uma discussão dos achados e implicações para o ensino de Química.

3.1 Sobre a “*Experiência do Usuário*”

Diante do termo *Experiência do Usuário* (em inglês *User Experience - UX*), não se encontra um consenso sobre essa abordagem, por se tratar de um conceito difícil de descrever e um pouco subjetivo. Porém, segundo Ghani e Shamsuddin (2020), quando se tem uma interação humano-computador, pode-se explicar a experiência do usuário como sendo uma interação de percepção individual, emoção, cognição, motivação e ação diante o uso de um determinado produto, sistema ou serviço. Ou seja, UX é o conjunto de percepções e respostas emocionais e avaliativas da pessoa enquanto interage com a *Interface do Usuário* (em inglês *User Interface - UI*) dada. Os jogos como recursos nas aulas de Química e outras ciências, utilizam experiências e atividades geradas pelas ações dos alunos no campo do conhecimento, desenvolvendo diferentes habilidades e competências, principalmente, aplicadas em contextos específicos. As vantagens desse tipo de ferramenta vão além da simples assimilação do conteúdo, focando na imersão dos alunos no desafio temático proposto, propiciando familiaridade com a linguagem científica e a aquisição de novos conceitos (Connolly *et al.*, 2007). Com isso, o quesito *Imersão* no jogo foi analisado a partir das respostas de três afirmativas (*P8*, *P9* e *P10*), a somatória desses resultados é apresentada na Figura 2 e indicam a porcentagem de alunos em relação ao nível de concordância com as afirmações realizadas.

Figura 2 - A Imersão como Experiência do Usuário durante o jogo.

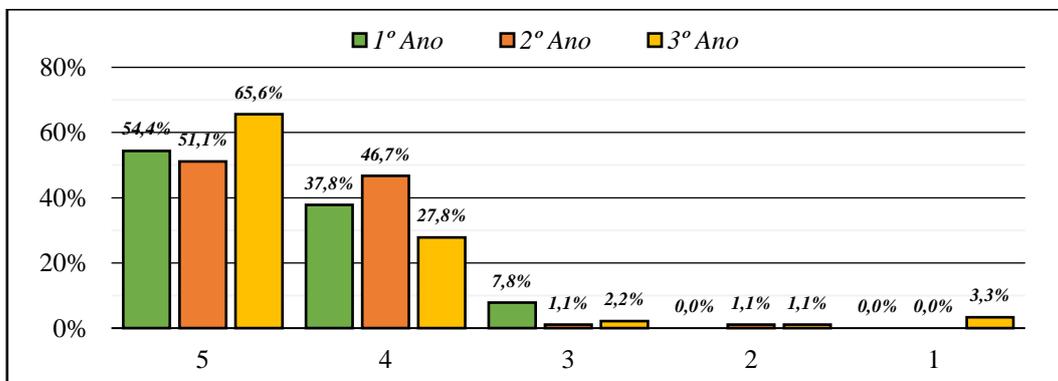


Fonte: Figura elaborada pelo autor, mostrando a porcentagem das respostas quanto ao caráter imersão durante o jogo.

Ao analisarmos o nível de envolvimento que o jogo despertou nos alunos, é possível identificar que, 91,1% dos alunos do 1º ano, 95,6% do 2º ano e 92,3% do 3º ano, concordaram que estavam imersos no ambiente do jogo, principalmente, por se tratar de uma atividade lúdica e interativa, cabível de fazer o aluno se distanciar do mundo real durante a jogabilidade. Diminuindo, assim, a percepção da passagem do tempo (*P9*), esquecendo temporariamente suas preocupações diárias (*P8*) e ficando totalmente focados e envolvidos no jogo (*P10*). Por outro lado, apenas 3,3% e 4,4% dos alunos do primeiro e do terceiro ano, respectivamente, discordaram de tal afirmativa. De maneira geral, durante a aplicação do jogo, a partir de seus conhecimentos prévios os alunos procuravam entender e responder a cada problema como se fosse real, estando imersos no ambiente de aprendizagem digital.

Os resultados referentes à *Imersão* reiteram a importância deste tópico, pois além de avaliar aspectos técnicos do *software*, alcança informações psicológicas importantes sobre o desenvolvimento da aprendizagem do ponto de vista divertido (Franco-Mariscal *et al.*, 2016). Visto que, um jogo educativo deve manter um equilíbrio entre os aspectos lúdico e formativo da educação, para sua validação como objeto promotor de aprendizagem, sendo desafiador ao nível de habilidade dos jogadores, contendo ritmo e variação de dificuldades (Kishimoto, 2017). Assim, a Figura 3 trata da somatória das respostas de três afirmativas (*P14*, *P15* e *P19*) sobre o *Desafio* proporcionado durante o jogo, indicando a porcentagem de alunos em relação ao nível de concordância com essas afirmações.

Figura 3 - Desafio como Experiência do Usuário na jogabilidade do jogo.



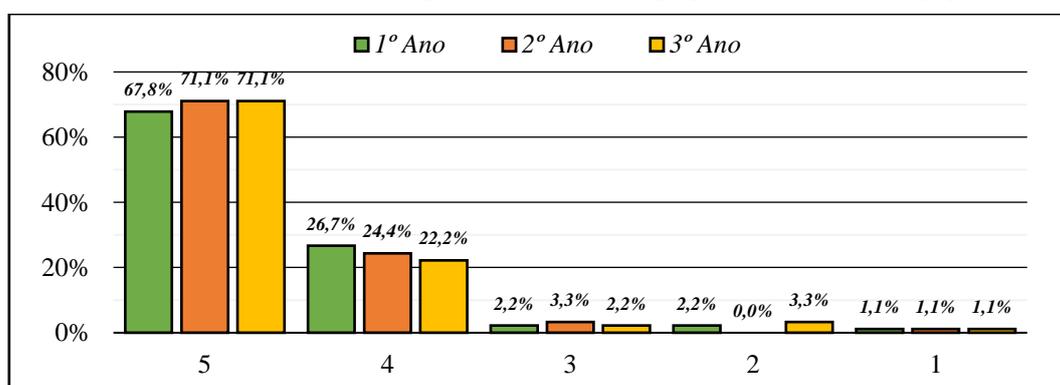
Fonte: Figura elaborada pelo autor, mostrando a porcentagem das respostas quanto ao caráter desafio durante o jogo.

Tendo em vista *Desafio* como o grau de dificuldade gerado pelo jogo, em que as tarefas não sejam muito fáceis, nem muito difíceis, visto que, um pode causar monotonia, enquanto o outro, frustração nos jogadores (Oliveira J. *et al.*, 2017). Assim

92,2%, 97,8% e 93,4% dos alunos do 1º, 2º e 3º ano, respectivamente, concordam que o jogo é suficientemente desafiador para eles, que as tarefas possuem níveis adequados (*P14*) e evoluem gradativamente (*P15*), gerando sentimentos positivos de êxito ao longo do jogo. Promovendo desafios com níveis variados de dificuldades que permitem a aprendizagem sem causar frustrações ou tornar-se monótono e tedioso, evoluindo em um ritmo adequado ao oferecer novos obstáculos e problemas, atrelando novos conhecimentos junto ao lúdico. Dessa forma, é possível construir uma experiência do usuário bastante positiva para que o processo de aprendizagem ocorra de forma mais efetiva.

Os jogos podem ser usados como ferramentas pedagógicas para aprimorar o conteúdo de estudo nas horas extras, desenvolvendo conceitos por meio da motivação do aluno e suas habilidades favoráveis à comunicação por meio de recursos digitais. Pois, permitem que o conhecimento seja construído por meio da diversão, unindo a emoção de brincar ao aprender, influenciando novas experiências sociais de aprendizagem (Daubenfeld & Zenker, 2015; Nagalingam & Ibrahim, 2015). Nesse ponto, a *Diversão* do jogo foi medida por meio de três afirmações (*P16*, *P17* e *P18*) e a somatória dos resultados em porcentagem é apresentada na Figura 4.

Figura 4 - Diversão como Experiência do Usuário proporcionada durante o jogo.

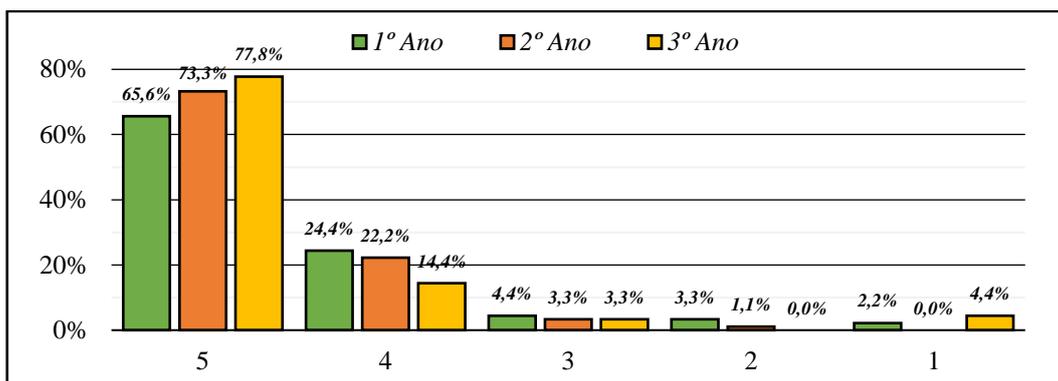


Fonte: Figura elaborada pelo autor, mostrando a porcentagem das respostas quanto ao caráter diversão durante o jogo.

Assim, analisando as respostas dos alunos do 1º, 2º e 3º ano, foi possível identificar que, respectivamente, 94,5%, 95,5% e 93,3% concordaram que se divertiram ao longo da aplicação (*P16*), que gostaria de estar jogando novamente em outro momento (*P18*) e recomendariam o jogo para seus colegas (*P17*). Essa avaliação positiva nos leva a crer que o jogo possibilitou um divertimento satisfatório para os alunos, o que é primordial para o aprendizado. Para Cunha (2012), o jogo se dá como o resultado das atividades lúdicas que propiciam prazer no divertimento, na liberdade e na voluntariedade.

Outro ponto importante de ser avaliado em um jogo é seu poder de sociabilidade, ou seja, o quanto essa atividade propicia o contato e a interação entre os jogadores. Assim, a Figura 5 mostra o quesito *Interação Social* dado pela somatória das respostas em três afirmações (*P11*, *P12* e *P13*). Diante dos resultados foi perceptível que, respectivamente, 90,0%, 95,5% e 92,2% dos alunos do 1º, 2º e 3º ano, confirmaram que o jogo promoveu uma cooperação entre eles (*P13*), podendo interagir com os colegas (*P11*), se divertir e estudar juntos (*P12*) durante a atividade lúdica. Enfatizando que a interação social é responsável por aumentar a quantidade de informações aprendidas devido à socialização das informações por meio da diversão e interatividade proporcionada pelo jogo (Conway & Leonard, 2015). Observa-se que bons jogos refletem o profundo envolvimento causado pelo ato de jogar, desviando a atenção da realidade e promovendo desafios adequados ao nível e ritmo do jogador, tornando menos possível o tédio ou a decepção, além de proporcionar socialização, diversão, prazer e satisfação para desenvolver determinadas habilidades no jogador (Nagalingam & Ibrahim, 2015; Savi *et al.*, 2010).

Figura 5 - Interação Social como Experiência do Usuário proporcionada durante o jogo.



Fonte: Figura elaborada pelo autor, mostrando a porcentagem das respostas quanto ao caráter interação social durante o jogo.

3.2 Sobre o “Conhecimento”

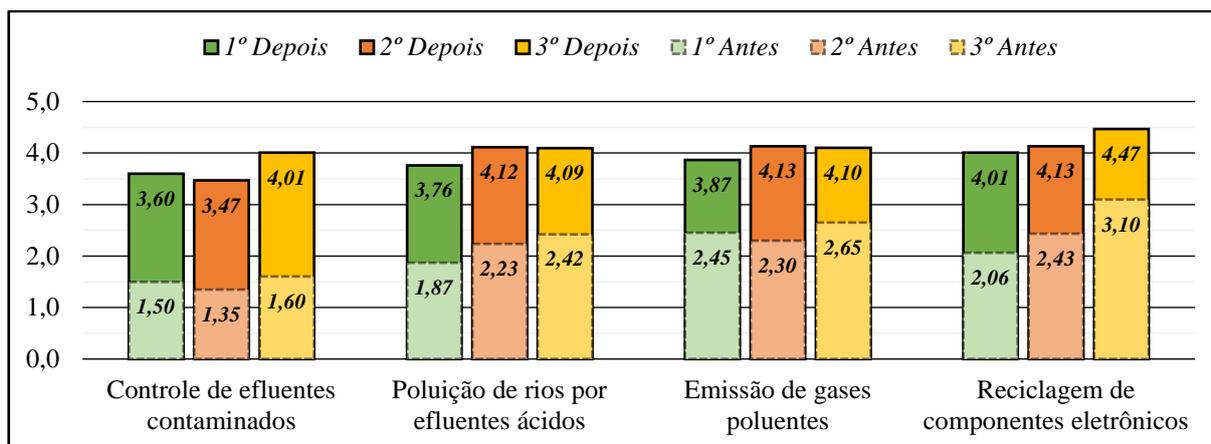
O conhecimento proporcionado aos alunos pelo jogo também foi avaliado, pois, é por meio deste que podemos verificar se o jogo cumpriu seu papel na construção do saber dos alunos, alcançando o equilíbrio com a ludicidade. Visto que, um jogo só será considerado educativo se mantiver um equilíbrio entre o lúdico e o educativo, pois uma está relacionada à diversão e prazer que o jogo proporciona, enquanto a outra à apreensão do conhecimento, habilidade e conhecimento (Cunha, 2012; Kishimoto, 2017).

Ao longo do jogo, foi apresentado aos alunos quatro situações-problema com diferentes temáticas voltadas à EA. Assim, para avaliar o aprendizado destes conteúdos, foi solicitado aos alunos fizessem uma autoavaliação antes e depois do jogo. A partir dos resultados obtidos, foi calculado a média e o desvio padrão das notas aferidas a cada assunto e expostos na Figura 6, permitindo analisar o conhecimento que os alunos do Ensino Médio do curso Técnico em Eletrotécnica da EEEP Professora Alda Façanha, apresentaram sobre EA e verificar se o jogo contribuiu para a aprendizagem do conteúdo. As questões feitas aos alunos abordavam os temas semelhantes às problemáticas usadas no jogo, assim, foi perguntado se eles tinham conhecimento de aplicação prática, sobre os tópicos de controle de efluentes de peças desengraxantes, poluição de rios e lagos por efluentes ácidos, emissão de gases poluentes na atmosfera e reciclagem de componentes eletrônicos.

Os resultados mostraram que tanto os alunos do 1º, como do 2º e 3º ano apresentavam pouco conhecimento prévio dos assuntos de ambiental abordados. Reiterando que, apenas conhecer o conceito de determinado assunto não gera condições suficientes para garantir que uma pessoa realmente conheça esse assunto, e lembrar do conceito também é necessário para que os alunos compreendam o funcionamento químico das situações apresentadas no jogo. Porém, mesmo com avaliações baixas, tais conhecimentos prévios continuam ajudando na consolidação dos novos conhecimentos adquiridos (Agra *et al.*, 2019).

Ou seja, a pesquisa mostrou que os alunos apresentavam um nível baixo de compreensão e funcionamento das questões abordadas, mas que suficientes para facilitar o entendimento das situações estabelecidas durante o jogo. Entende-se que transformar os conceitos vistos em sala de aula em algo prático, diante de uma situação real, não é uma tarefa fácil para a maioria dos alunos. Porém, analisando as respostas, pode-se observar que o jogo funcionou como uma ferramenta que permite o uso da contextualização, simulando situações reais e facilitando a compreensão dos conceitos teóricos aplicados à prática, visto que após a aplicação da atividade, houve um aumento expressivo e extremamente significativo nas notas conferidas pelos alunos, sendo validado com o teste-*p*, em que se obteve valores de *p* bem inferiores a 0,05 em todas as questões e turmas analisadas. Mostrando que a contextualização pode ser utilizada de forma prática, tirando o aluno da condição de espectador passivo, contribuindo para a construção de seu conhecimento e para a formação de capacidades intelectuais (Wartha *et al.*, 2013; Silva G. *et al.*, 2022).

Figura 6 - Média das notas da autoavaliação sobre os assuntos de EA antes e depois da aplicação do jogo.



Fonte: Figura elaborada pelo autor, mostrando as médias das respostas de autoavaliação sobre EA. As colunas de cores escuras com contorno de linhas contínuas, retratam os valores obtidos depois da aplicação do jogo; enquanto que as colunas de cores claras e contornos alternados, retratam os valores antes da aplicação.

Em relação aos conteúdos ambientais, o controle de efluentes do desengraxe das peças obteve a menor avaliação, tanto para o 1º ano, saindo de $1,50 \pm 0,86$ para $3,60 \pm 1,38$ após a aplicação do jogo, como para os alunos do 2º ano, de $1,35 \pm 0,57$ para $3,47 \pm 0,94$, e do 3º ano, de $1,60 \pm 1,04$ para $4,01 \pm 0,86$. Esse resultado leva a refletir que, por se tratar de um procedimento industrial específico, os alunos não teriam um conhecimento prévio tão robusto sobre tal assunto, sendo indicado pelos baixos valores de média, entre 1,35 e 1,60. Com isso, tais resultados, mostram a importância de se trabalhar melhor os conteúdos que mantenham uma dinâmica entre teoria e prática, para que a construção do conhecimento seja mais efetiva, trazendo sentido e significado para a vida dos alunos (Cunha, 2012; Daubenfeld & Zenker, 2015; Nagalingam & Ibrahim, 2015; Silva Jr. *et al.*, 2018; Wartha *et al.*, 2013).

Em relação à reciclagem de componentes eletrônicos, a média das notas aumentaram de $2,06 \pm 1,10$ para $4,01 \pm 1,09$ com os alunos do 1º ano, enquanto com os alunos do 2º ano a média foi de $2,43 \pm 1,10$ para $4,13 \pm 0,86$, para o 3º ano foi de $3,10 \pm 1,33$ para $4,47 \pm 0,92$. Para a emissão de gases poluentes na atmosfera, as pontuações cresceram de $2,45 \pm 1,12$ para $3,87 \pm 1,25$; de $2,30 \pm 1,10$ para $4,13 \pm 0,72$; e de $2,65 \pm 1,35$ para $4,10 \pm 1,02$, respectivamente, para os alunos do 1º, 2º e 3º ano. Por fim, em relação à poluição de rios e lagos por efluentes ácidos, a pontuação média do 1º ano subiu de $1,87 \pm 1,14$ para $3,76 \pm 1,47$, enquanto para os alunos do 2º ano foi de $2,23 \pm 1,28$ para $4,12 \pm 0,91$ e do 3º ano de $2,42 \pm 1,12$ para $4,09 \pm 0,96$. Mostrando que esses três assuntos não eram estranhos aos alunos, devido a preparação para o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), que exige uma forte abordagem ambiental no ensino de Química, pois para a LDB, os alunos devem compreender o ambiente natural e tecnológico e outros valores em que se baseia a sociedade, ou seja, tendo um maior contato com os assuntos de reciclagem e poluição (Brasil, 2018).

Dessa forma, entende-se que os jogos ligados às atividades educativas têm excelentes resultados de aprendizagem em sala de aula, aumentando o conhecimento dos alunos e tornando a aprendizagem significativa para eles. As respostas dos alunos ao jogo nos mostram seu potencial como um recurso educacional eficiente, promovendo sentimentos positivos na construção do conhecimento de forma prazerosa, mostrando que atividades lúdicas, como os jogos, melhoram o processo de ensino e aprendizagem dos alunos como fonte de descoberta e prazer.

3.3 Uso da ML na Validação da Avaliação do Jogo

A partir dos resultados obtidas pelo questionário contendo 20 questões, respondido pelos 90 alunos que avaliaram o jogo didático, uma matriz 20×90 contendo 1.800 dados foi analisada utilizando os princípios da ML, a fim de reconhecer os

principais fatores dos resultados e extrair as informações relevantes para avaliar a aplicação do jogo no ensino de Química, diante aos conteúdos de EA selecionados. Assim, como a ML é a ferramenta utilizada para reconhecer padrões de um grande conjunto de dados, agrupando-os e classificando-os de acordo com sua similaridade, a matriz relacionada às variáveis (*loadings*), será bastante útil para analisar e extrair informações dos dados, realizando as rotações e facilitando a interpretação dos resultados (Pérez-Arribas *et al.*, 2017).

Analisando as variáveis estudadas, percebe-se que por se tratar de questões cujo aluno respondia informando se discordava ou concordava de tais afirmativas, pode-se considerar que essas tratam-se de variáveis categóricas, ou seja, não métricas, fazendo necessário, assim, aplicarmos essas variáveis em uma escala numérica ordinal, indo de 1 a 5, como a escala Likert comumente usada. Portanto, para os cálculos das correlações, utilizou-se uma correlação policórica, visto que, todas as variáveis usadas são medidas ordinais com múltiplas categorias. Assim, após tal análise, a matriz *X*, composta por 20 colunas e 90 linhas, foi adicionada no *software* R 4.2.1[®] e aplicada a função *polychoric(X)*, presente no pacote *psych*, para calcular a correlação (*corr*) dos dados presentes na matriz. Sendo possível em seguida, visualizar a partir da matriz de correlação que as variáveis *P1*, *P2*, *P5* e *P18* apresentam baixo valores de correlação, podendo, assim, causar problemas futuros de ajuste no modelo, visto que, para tal análise se faz necessário que as variáveis estejam correlacionadas entre si.

Com intuito de atestar tal correlação encontrada nesta matriz, os dados foram submetidos ao teste de esfericidade de Bartlett, aplicando a função *cortest.bartlett(X)* foi possível obter um valor de *p* igual a $1,74 \times 10^{-64}$. Portanto, com um *p-valor* bem próximo a zero, é possível rejeitar a hipótese nula (em que a matriz de correlação se reduziria à matriz identidade, pois todos os elementos fora da diagonal principal seriam iguais a zero, significando que as variáveis não se agrupariam para formar nenhum fator), com uma altíssima significância, mostrando que a matriz de correlação é diferente da identidade, conclui-se, assim, que existe algum tipo de associação entre as variáveis e que elas podem, de fato, representar conjuntamente um ou mais fatores.

Além deste, para finalizar a verificação dos dados, o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) foi realizado para medir a adequação da base de dados. Assim, a função *KMO(X)* foi aplicada na matriz *X* dos dados e os resultados mostram que a medida de KMO global, referente a todas variáveis, foi de 0,81, sendo esse considerado um ótimo valor, mostrando que os dados utilizados são adequados para se ajustar a FA. Além disso, na Tabela 1 a seguir, encontra-se os valores da Medida de Adequação da Amostragem (MSA) individual de cada variável, sendo possível identificar que a variável *P1* está bastante inadequada e a *P20* apresenta um valor medíocre de adequabilidade, enquanto as outras apresentam valores de MSA de bom para excelentes.

Tabela 1 - Valores obtidos no teste KMO para cada variável.

Variável	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
MSA	0,30	0,75	0,81	0,76	0,90	0,79	0,85	0,80	0,88	0,86
Variável	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
MSA	0,77	0,76	0,82	0,86	0,84	0,83	0,84	0,79	0,85	0,65

Fonte: Tabela elaborada pelo autor, mostrando os valores da medida de adequação de todas as variáveis.

O cálculo dos autovalores fora feito, aplicando um pré-processamento dos dados por meio do autoescalamento, presente na função *eigen(corr\$rho)*, na qual entrega uma nova matriz contendo os autovalores de cada variável. Sendo aplicado em seguida outras funções, para se obter a quantidade de autovalores maiores que 1, a proporção explicada (*Prop. Exp.*) e a proporção acumulada (*Prop. Acu.*), estando todas as informações contidas na Tabela 2 abaixo.

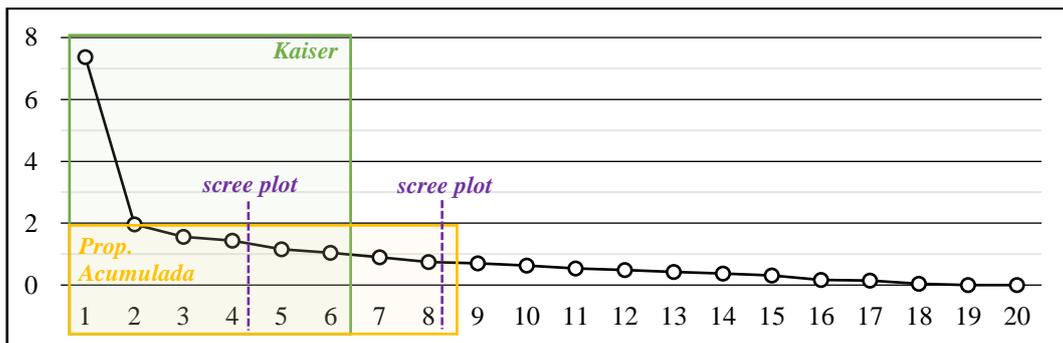
Tabela 2 - Dados extraídos de cada fator.

<i>Fator</i>	<i>Autovalor</i>	<i>Prop. Exp.</i>	<i>Prop. Acu.</i>	<i>Fator</i>	<i>Autovalor</i>	<i>Prop. Exp.</i>	<i>Prop. Acu.</i>
F1	7,37	36,83%	36,83%	F11	0,54	2,71%	90,21%
F2	1,96	9,78%	46,61%	F12	0,49	2,43%	92,64%
F3	1,56	7,80%	54,41%	F13	0,43	2,16%	94,80%
F4	1,44	7,19%	61,60%	F14	0,37	1,86%	96,66%
F5	1,16	5,79%	67,39%	F15	0,31	1,54%	98,20%
F6	1,04	5,21%	72,60%	F16	0,17	0,84%	99,03%
F7	0,90	4,51%	77,10%	F17	0,15	0,75%	99,79%
F8	0,75	3,73%	80,84%	F18	0,04	0,21%	100,00%
F9	0,70	3,51%	84,34%	F19	0,00	0,00%	100,00%
F10	0,63	3,15%	87,50%	F20	0,00	0,00%	100,00%

Nota: Tabela elaborada pelo autor, mostrando os autovalores para cada fator analisado. Sendo: *Prop. Exp.* a proporção explicada, ou seja, a porcentagem de pontos que o fator consegue explicar; e *Prop. Acu.* a proporção acumulada, ou seja, o somatório das proporções explicadas de cada fator.

Analisando os dados obtidos e seguindo o critério de Kaiser, em que considera apenas os fatores com autovalor maior do que 1, seriam selecionados apenas 6 fatores (de F1 a F6); porém, de acordo com o critério da proporção acumulada, cujo patamar é de 80%, devemos reter 8 fatores (de F1 a F8), pois eles são capazes de explicar 80,84% da variabilidade dos dados. Finalmente, a partir do diagrama de declividade ou *scree plot*, apresentado na Figura 7, esse número poderia ser de 4 ou 8 fatores, pois apresenta o ponto de inflexão onde a curva da variância individual de cada fator se torna horizontal ou então sofre uma queda abrupta.

Figura 7 - Diagrama de declividade (*scree plot*) dos autovalores de cada fator.



Fonte: Figura elaborada pelo autor, mostrando os autovalores de cada fator.

Portanto, diante destes critérios, decidiu-se trabalhar com 6 fatores (F1 a F6). Assim, após a definição do número de fatores, a técnica de AF utilizada foi a Máxima Verossimilhança (ML) para o cálculo das cargas fatoriais, com isso, foi aplicando a função $fa(corr\$rho, 6, rotate='none', fm='ml')$ para obtermos os *Loadings* dos fatores sem rotação. Logo após a extração dos fatores, a técnica de rotação foi utilizada para atingir uma melhor distinção entre eles, tornando mais fácil determinar quais variáveis são carregadas em quais fatores. Em síntese, o principal objetivo da rotação dos fatores é tornar o resultado empírico encontrado mais facilmente interpretável, conservando as suas propriedades estatísticas.

Assim, sabendo que as concepções de avaliação do jogo feito pelos estudantes estão correlacionadas, foi aplicada uma rotação oblíqua, intitulada de *oblmin*, a partir da função $fa(corr\$rho, 6, rotate='oblmin', fm='ml')$ para obtermos os *Loadings*

dos fatores com a rotação. A partir de tais valores, foi possível identificar as relações de cada variável com os fatores selecionados, bem como as correlações entre os próprios fatores, e assim se organizou os fatores com suas respectivas perguntas, sendo apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Correlação de cada pergunta com cada fator encontrado.

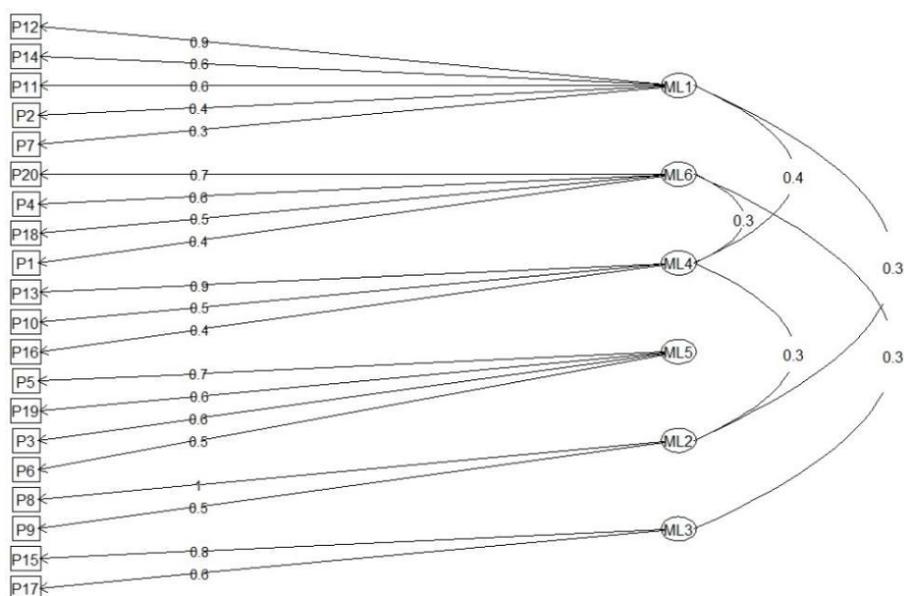
<i>Categoriais</i>	<i>Pergunta feita aos alunos</i>
<i>ML1 – A Cooperação durante os desafios encontrados no jogo</i>	P12 – Me diverti junto com outras pessoas. P14 – Este jogo possui nível adequado de desafio. P11 – Pude interagir com outras pessoas durante o jogo. P2 – O jogo capturou minha atenção logo de início.
<i>ML2 – A Imersão durante o jogo</i>	P8 – Fiquei totalmente concentrado no jogo e esqueci das minhas preocupações. P9 – Eu não percebi o tempo passar enquanto jogava.
<i>ML3 – O ritmo correto da atividade lúdica</i>	P15 – O jogo evolui num ritmo adequado e não fica monótono. P17 – Eu recomendaria este jogo para meus colegas.
<i>ML4 – A cooperação possibilitando uma maior imersão no jogo</i>	P13 – O jogo promove momentos de cooperação entre as pessoas que participam. P10 – Me senti imerso no ambiente do jogo. P16 – Gostaria de jogar mais após o término da atividade.
<i>ML5 – O lúdico como ferramenta pedagógica</i>	P5 – Foi fácil entender o jogo e começar a utilizá-lo como material de estudo. P19 – Tive sentimentos positivos de eficiência no desenrolar do jogo. P3 – O formato diferente das atividades ajudou a me manter atento ao jogo. P6 – Senti confiança de que estava aprendendo ao passar pelas etapas do jogo. P7 – Por causa do meu esforço pessoal consegui avançar no jogo.
<i>ML6 – A relevância do jogo na aprendizagem dos alunos</i>	P20 – A experiência do jogo vai contribuir para o meu desempenho na vida profissional. P4 – O funcionamento do jogo está adequado ao meu jeito de aprender. P18 – Gostaria de jogar novamente. P1 – O design da interface e dos objetos do jogo são atraentes.

Nota: Tabela elaborada pelo autor, mostrando as categorias/grupos criados unindo as perguntas de acordo com os valores de correlação. As perguntas *P1*, *P2* e *P7*, se apresentam hachuradas devido não terem valores altos dentre as 6 categorias criadas.

Diante dos dados obtidos de correlação para cada fator, foi possível analisar que determinadas perguntas não se alinhavam muito bem às categorias criadas. Portanto, as perguntas *P1*, *P2* e *P7* foram descartadas dentro deste modelo utilizado, visto que, apresentaram baixíssimos valores de correlação, ficando difícil identificar ao certo em qual fator elas se encontram. Tal resultado só confirma o apontamento realizado desde o início da análise, onde foi perceptível que tanto o *P1* como o *P2* apresentaram muitos valores menores que 0,30 dentro da matriz de correlação. Além disso, o *P1* também obteve um baixo valor diante o teste de adequabilidade de KMO, mostrando que tal pergunta se distancia bastante das outras que foram realizadas.

Logo em seguida, a função *fa.diagram(Y)* foi aplicada para que, assim, fosse obtido os valores agrupados e organizados da forma apresentada na Figura 8. Com este diagrama é possível identificar que os valores acima de 0,30 representam que os fatores se correlacionam positivamente entre si, como o *ML1* que tem relação com o *ML2* e *ML4*; o *ML6* com o *ML3* e *ML4*; o *ML4* que, além dos já citados, tem com o *ML2* também; enquanto o *ML5* não possui correlação com nenhum outro fato. Sendo isso bem claro ao visualizarmos as nomeações tomadas para cada fator, visto que, os fatores *ML1*, *ML2* e *ML4* retratam, respectivamente, a cooperação necessária durante as resoluções dos desafios encontrados, a imersão dos alunos ao longo do jogo e a relação da cooperação dos alunos gerando uma maior imersão na jogabilidade. Outro exemplo que se pode elencar é a correlação inexistente do fator *ML5* com os outros, pois sua nomeação relata apenas a utilização do lúdico como uma ferramenta de ensino de forma diferente, prazerosa e potencialmente eficaz, se distanciando aos aspectos explicados pelos outros fatores.

Figura 8 - Diagrama de correlação entre os fatores ML e as variáveis analisadas.



Fonte: Figura elaborada pelo autor, mostrando os valores de correlação para cada pergunta e entre cada categoria.

4. Considerações Finais

Neste trabalho, foi desenvolvido um jogo didático como ferramenta de aprendizagem para abordar questões relacionadas à Educação Ambiental (EA). Tal artifício pedagógico foi avaliado com base em uma metodologia focada na análise das dimensões “Experiência do Usuário” e “Conhecimento”, em que os dados foram obtidos a partir das respostas dos alunos do Ensino Médio Integrado ao curso Técnico em Eletrotécnica após experimentarem o jogo. Assim, devido ao grande número de variáveis utilizadas na construção do instrumento de pesquisa, optou-se por aplicar a técnica de Máximo Verossimilhança (ML), por se tratar de uma análise fatorial multivariada de dados, sendo possível com ela, reduzir o número de itens de análise para um conjunto menor de fatores. Com o estudo realizado, foi perceptível que o uso da ML se mostrou eficaz quanto a avaliação de jogos educativos aplicados no ensino de Química, diante os assuntos de EA. Além do mais, com esta análise foi possível selecionar e organizar as perguntas realizadas por meio de parâmetros semelhantes e com alta correlação, destacando-se o carácter cooperativo e imersivo do jogo produzido. Outro ponto interessante foi que, a partir da análise das respostas obtidas através dos questionários, foi avaliado as experiências dos alunos durante a aplicação do jogo, sendo possível identificar que o uso de um jogo de computador no processo de ensino e aprendizagem desperta a curiosidade e atenção do aluno, gerando experiências positivas e proporcionando, tanto o entretenimento, quanto o conhecimento do assunto abordado. Para quem se interessou, o jogo está disponível através do link: <https://www.dropbox.com/sh/qyxs15701qd4kf/AACTowvCarDPkipXFQfQP9Ga?dl=0>.

Referências

- Agra, G., Formiga, N. S., Oliveira, P. S. D., Costa, M. M. L., Fernandes, M. D. G. M., & Nóbrega, M. M. L. D. (2019). Análise do conceito de Aprendizagem Significativa à luz da Teoria de Ausubel. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 72, 248-255.
- Ardoin, N. M., Bowers, A. W., & Gaillard, E. (2020). Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological Conservation*, 241, 108224.
- Armbrecht, J. P., Aragón-Muriel, A., & Micolta, G. (2014). Description and preliminary evaluation of a program for improving chemistry learning in high school students. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1439-1445.
- Ausubel, D. P. (1977). The facilitation of meaningful verbal learning in the classroom. *Educational Psychologist*, 12(2), 162-178.

- Cararo, E. R., Chimello, V. F., Piovezana, L., Lima-Rezende, C. A., Santos, J. A., & Rezende, R. S. (2022). Environmental education in Brazil: Trends and gaps from 2015 to 2019. *Research, Society and Development*, 11(4), e45211427598.
- Connolly, T. M., Stansfield, M., & Hainey, T. (2007). An application of games-based learning within software engineering. *British Journal of Educational Technology*, 38(3), 416-428.
- Conway, C., & Leonard, M. (2015). Playing an electron transport system game to improve health students' learning. *Journal of Chemical Education*, 92(5), 871-873.
- Cunha, M. B. (2012). Jogos no ensino de química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. *Química Nova na Escola*, 34(2), 92-98.
- Daubenfeld, T., & Zenker, D. (2015). A game-based approach to an entire physical chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 92(2), 269-277.
- Dionizio, T. P., Silva, F. P., Dionizio, D. P., & Carvalho, D. M. (2019). O uso de tecnologias da informação e comunicação como ferramenta educacional aliada ao ensino de Química. *EAD em Foco*, 9(1), e809.
- Franco-Mariscal, A. J., Oliva-Martínez, J. M., & Gil, M. L. A. (2015). Students' perceptions about the use of educational games as a tool for teaching the periodic table of elements at the high school level. *Journal of Chemical Education*, 92(2), 278-285.
- Franco-Mariscal, A. J., Oliva-Martínez, J. M., Blanco-López, Á., & Espana-Ramos, E. (2016). A game-based approach to learning the idea of chemical elements and their periodic classification. *Journal of Chemical Education*, 93(7), 1173-1190.
- Ghani, M. S. A. A., & Shamsuddin, S. N. W. (2020). Definitions and concepts of User Experience (UX): A literature review. *International Journal Of Creative Future And Heritage (Teniat)*, 8(1), 130-143.
- Hauge, J. B., Boyle, E., Mayer, I., Nadolski, R., Riedel, J. C., Moreno-Ger, P., & Ritchie, J. (2015). Chapter 21: Study design and data gathering guide for serious games' evaluation. In Hauge, J. B., Boyle, E., & Ritchie, J. (Orgs.), *Gamification: Concepts, methodologies, tools, and applications* (pp. 425-451). IGI Global.
- Kishimoto, T. M. (2017). *Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação*. Cortez Editora.
- Kurniati, A., Tanzil, F., & Purnomo, F. (2015). Game development "Tales of Mamochi" with role playing game concept based on android. *Procedia Computer Science*, 59, 392-399.
- Lei n. 9394/96, de 20 de dezembro de 1996. (1996). Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Diário Oficial da União. MEC.
- Mahlow, F. R. P., Scalvi, R. M. F., Scalvi, M. F., & Ramos, G. G. F. (2020). Um role-playing game (RPG) pedagógico para o ensino de astronomia. *Experiências em Ensino de Ciências*, 15(3), 263-283.
- Matos, D. A. S., & Rodrigues, E. C. (2019). *Análise fatorial*. ENAP.
- MEC (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Secretaria da Educação Básica.
- Medeiros, R. C. T., Lopes, G. S., & Ribeiro, M. E. N. P. (2020). A importância do pré-teste na produção de jogos - Relato de experiência. In Bianchessi, C. (Org.), *Práticas pedagógicas e saberes curriculares: Experiências, desafios e conquistas* (pp. 54-64). Bagai.
- Menezes, G. D. O., & Miranda, M. A. M. (2021). O lugar da educação ambiental na nova Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio. *Educação Ambiental em Ação*, 20(75).
- Nagalingam, V., & Ibrahim, R. (2015). User experience of educational games: A review of the elements. *Procedia Computer Science*, 72, 423-433.
- Oliveira, J. J. S., de Moraes, R. O., de Medeiros, U. K. L., & Ribeiro, M. E. N. (2017). Criação do jogo "Um Passeio na Indústria de Laticínios" visando promover a educação ambiental no curso técnico de alimentos. *Química Nova na Escola*, 39(2), 142-152.
- Oliveira, R. R., das Neves, L. S., & de Lima, K. M. (2012). Experimental design, near-infrared spectroscopy, and multivariate calibration: An advanced project in a chemometrics course. *Journal of Chemical Education*, 89(12), 1566-1571.
- Pereira, L. T., Silva, F. H. C., Palomino, P. T., & Isotani, S. (2018). A abordagem construtivista no desenvolvimento de um serious game do gênero escape room. *Proceedings of SBGames, 2018*, 1011-1018.
- Pérez-Arribas, L. V., León-González, M. E., & Rosales-Conrado, N. (2017). Learning principal component analysis by using data from air quality networks. *Journal of Chemical Education*, 94(4), 458-464.
- Petri, G., Von Wangenheim, C. G., & Borgatto, A. F. (2019). MEEGA+: Um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(03), 52-81.
- Piaget, J. (1937). *La construction du réel chez l'enfant*. Neuchâtel: Delachaux & Niestlé.
- Ribeiro, R. J., Junior, N. S., Frasson, A. C., Pilatti, L. A., & da Silva, S. D. C. R. (2015). Teorias de aprendizagem em jogos digitais educacionais: Um panorama brasileiro. *RENOTE*, 13(1).
- Santos Jr, A. C., & de Almeida, M. S. (2020). Práticas de ensino de Biologia: Uso de sequências didáticas na 2 série do Ensino Médio. *Revista Rios*, 14(26), 129-152.
- Savi, R., Von Wangenheim, C. G., Ulbricht, V., & Vanzin, T. (2010). Proposta de um modelo de avaliação de jogos educacionais. *RENOTE*, 8(3).
- Silva, G. de A., David, P. B., & Ribeiro, M. E. N. P. (2022). Aprendizagem baseada em problemas e construção de problemáticas potencialmente eficazes no ensino de Química. *Research, Society and Development*, 11(9), e44511932116-e44511932116.

Silva, J. C. S., & Bianco, G. (2020). Jogos didáticos: A formação educativa através de uma aprendizagem significativa e um currículo adaptado por projetos. *Research, Society and Development*, 9(9), e820997969-e820997969.

Silva Jr., J. N., Nobre, D. J., do Nascimento, R. S., Torres Jr, G. S., & Rojo, M. J. (2018). Interactive computer game that engages students in reviewing organic compound nomenclature. *Journal of Chemical Education*, 95(5), 899-902.

Souza, E. S. (2015). Uso de jogos de Role Playing Game (RPG) como uma estratégia possível de aprendizagem de conteúdos de Biologia na educação de jovens e adultos. *Revista Científica Interdisciplinar*, 3(2), 384-424.

Souza, T. V. P., Souza, É. V. P., da Silva, T. G. N., Silva, D. M., & Ribeiro, M. E. N. P. (2015). Proposta educativa utilizando o jogo RPG Maker: Estratégia de conscientização e de aprendizagem da Química ambiental. *Holos*, 8, 98-112.

Squires, D., & Preece, J. (1999). Predicting quality in educational software. *Interacting With Computers*, 11(5), 467-483.

Vasconcelos, G. M. C., Silva, J. C. S., Rodrigues, R. L., da Silva, L. M., & Ramos, J. L. C. (2020). Mapeamento das Tecnologias Educacionais Digitais adotadas para o ensino-aprendizagem de Matemática em instituições de Ensino Médio no Brasil. *RENOTE*, 18(1).

Wartha, E. J., Silva, E. D., & Bejarano, N. R. R. (2013). Cotidiano e contextualização no ensino de Química. *Química Nova na Escola*, 35(2), 84-91.