



## UM JOGO DIGITAL QUE APRESENTA A ORIGEM DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

Crediana Chris de Siqueira<sup>1</sup>

Adhimar Flávio Oliveira<sup>2</sup>

Newton Figueiredo<sup>3</sup>

Milady Renata Apolinário da Silva<sup>4</sup>

Marcos Antonio Fonseca Faria<sup>5</sup>

---

*RESUMO:* A pandemia da covid-19 provocou mudanças no comportamento das pessoas em ambientes compartilhados que afetaram também o ambiente escolar. Muitos professores tiveram que modificar suas aulas para se adaptar ao ensino remoto e superar as dificuldades impostas pelo distanciamento social. O uso de tecnologias digitais de informação e comunicação e de metodologias ativas tornou-se uma das melhores formas de superar alguns dos desafios impostos ao ensino nesse período. Este trabalho apresenta o desenvolvimento do jogo digital “A tabela periódica segundo a cosmoquímica”, bem como a aplicação e avaliação da versão inicial com estudantes do ensino médio. O principal objetivo do jogo é apresentar a origem dos elementos químicos dentro do contexto da astronomia. O jogo pode facilitar a compreensão da tabela periódica, sua importância no cotidiano e como ocorreu a evolução do Universo primordial, a depender dos objetivos de aprendizagem, do contexto da sala de aula e da disciplina na qual ele for utilizado. Alguns elementos do jogo que o caracterizam como jogo educativo foram avaliados em uma turma piloto e os resultados foram positivos. Observou-se uma boa interação e aceitação dos estudantes pelo jogo e uma melhora nas respostas após o contato com o jogo.

*PALAVRAS-CHAVE:* Nucleossíntese; Ensino de química; Jogos educativos; Tabela periódica.

---

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Brasil. E-mail: [credianacsiqueira@gmail.com](mailto:credianacsiqueira@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Brasil. E-mail: [adhimarflavio@unifei.edu.br](mailto:adhimarflavio@unifei.edu.br)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Brasil. E-mail: [newton@unifei.edu.br](mailto:newton@unifei.edu.br)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Brasil. E-mail: [milady@unifei.edu.br](mailto:milady@unifei.edu.br)

<sup>5</sup>Laboratório Nacional de Astrofísica, Itajubá, Brasil. E-mail: [marcosfonsecafaria@gmail.com](mailto:marcosfonsecafaria@gmail.com)

## UN JUEGO DIGITAL QUE PRESENTA EL ORIGEN DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS

*RESUMO: La pandemia del covid-19 provocó cambios en el comportamiento de las personas en los ambientes compartidos, que también afectaron el ambiente escolar. Muchos profesores han tenido que modificar sus clases para adaptarse a la enseñanza a distancia y superar las dificultades que impone el distanciamiento social. El uso de las tecnologías digitales de la información y la comunicación y de las metodologías activas se ha convertido en una de las mejores vías para superar algunos de los retos que impone la docencia en este periodo. Este trabajo presenta el desarrollo del juego digital “La tabla periódica según la cosmoquímica”, así como la aplicación y evaluación de la versión inicial con estudiantes de secundaria. El objetivo principal del juego es presentar el origen de los elementos químicos en el contexto de la astronomía. El juego puede facilitar la comprensión de la tabla periódica, su importancia en la vida cotidiana y cómo ocurrió la evolución del Universo primordial, dependiendo de los objetivos de aprendizaje, el contexto del aula y la disciplina en la que se integró. En una clase piloto se evaluaron algunos elementos del juego que lo caracterizan como un juego educativo, los resultados fueron positivos. Hubo una buena interacción y aceptación de los alumnos por el juego y una mejora en las respuestas tras el contacto con el juego.*

*PALAVRAS-CHAVE: Nucleosíntesis; Enseñanza de la química; Juegos educativos; Tabla Periódica.*

---

## A DIGITAL GAME THAT PRESENTS THE ORIGIN OF CHEMICAL ELEMENTS

*RESUMO: Abstract: The covid-19 pandemic caused changes in people's behavior in shared environments, which also affected the school environment. Many teachers had to modify their classes to adapt them to remote teaching and overcome the difficulties imposed by social distancing. The use of digital information and communication technologies and active methodologies has become one of the best ways to overcome some of the challenges imposed by teaching in this period. This work presents the development of the digital game “The periodic table according to cosmochemistry”, as well as the application and evaluation of the initial version with high school students. The main objective of the game is to present the origin of chemical elements within the context of astronomy. The game can facilitate the understanding of the periodic table, its importance in everyday life and how the evolution of the primordial Universe occurred, depending on the learning objectives, the context of the classroom and the discipline in which it was used. Some game elements that characterize it as an educational game were evaluated in a pilot class, and the results were positive. There was a good interaction and acceptance of the game by the students, and we noticed an improvement in the responses after playing the game.*

*PALAVRAS-CHAVE: Nucleosynthesis; Chemistry teaching; Educational games; Periodic table.*

---

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por novas metodologias de ensino para aumentar o interesse dos estudantes sempre foi um desafio enfrentado pelos professores. Assim, sempre existiu a necessidade de desenvolver estratégias e metodologias de ensino mais adequadas à realidade dos estudantes. Com a pandemia da covid-19, estas dificuldades se somaram aos cuidados para evitar a propagação da doença, limitando as ações em ambientes coletivos, inclusive o escolar. As dificuldades em manter o ensino nesse período revelaram os desafios que boa parte da população brasileira enfrenta para garantir o acesso à educação e as formas encontradas para superar alguns destes desafios estão relacionadas à mediação pedagógica realizada pelo uso de tecnologias digitais (Richter e Cerutti, 2022).

Como apontam Santana e Sales (2020), as novas práticas pedagógicas adotadas de forma urgente durante a pandemia revelaram os desafios e tensões que o contexto escolar já enfrentava. As autoras consideram a pandemia o fator amplificador e revelador das dificuldades no contexto escolar:

Na área da educação, com o clamor pela apresentação de soluções imediatas para o desenvolvimento das ações educacionais formais em tempos de pandemia, [...] precisavam acelerar para o século XXI no que diz respeito à infraestrutura física e tecnológica, mas, em sua grande maioria, permanecem nos séculos passados na dimensão pedagógica centrada na transmissão de conteúdos (Santana e Sales, 2020, p. 77).

Apesar da pandemia ter acelerado, em partes, a utilização de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), causando alterações nas práticas pedagógicas das instituições de ensino, estes processos já eram previstos. Concordando com os apontamentos de Santana e Sales (2020) de que, não basta inserir as tecnologias no ensino e permanecer com as mesmas práticas, assim como defender a sua integração como solução de todos os problemas educacionais não é correto. Para Pereira (2013, p. 9): “Numa sociedade digital em rápida mudança, é urgente que se alterem métodos, se criem momentos pedagógicos dinâmicos, motivadores e ajustados à realidade educativa”.

Considerando o aumento do uso de TDIC no ensino, o uso de recursos didáticos como os jogos digitais e as mudanças impulsionadas nos últimos tempos pela pandemia, este trabalho apresenta o desenvolvimento e a avaliação do jogo digital didático “A tabela periódica segundo a cosmoquímica” (TPSC).

Este jogo permite ao usuário conhecer de forma lúdica como alguns elementos químicos são formados no interior das estrelas, além de apresentar a posição desses elementos na tabela periódica, bem como algumas de suas propriedades, proporcionando assim a possibilidade de um aprendizado mais significativo sobre a tabela periódica.

Para que o jogo possa ser usado de forma eficaz na educação básica, foi necessário

apresentar de forma simplificada os fenômenos relacionados à nucleossíntese estelar. Nesse sentido, o jogo inclui somente alguns elementos químicos e apenas alguns processos físicos, de modo a priorizar os aspectos educacionais que nortearam seu desenvolvimento.

Segundo Benedetti-Filho et al. (2019), o uso de jogos que abordam conteúdos aprendidos em aula contribui para o aumento do interesse pelo tema. Portanto, apresentar aos estudantes a origem de alguns elementos químicos, possibilitando-lhes compreender como eles são sintetizados, pode ser uma forma de complementar o conteúdo visto em aula.

Diante do exposto, vale frisar o objetivo do jogo TPSC, que é apresentar a origem dos elementos químicos da tabela periódica. Para tanto, o jogo apresenta textos com informações, imagens dos símbolos dos elementos, suas propriedades e aplicações no cotidiano, além de contar com a mecânica e dinâmica do jogo para reforçar a importância das reações nucleares para a formação de um novo elemento químico.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do jogo digital didático TPSC, sua aplicação e avaliação com estudantes do ensino médio. A fundamentação teórica sobre nucleossíntese estelar utilizada no desenvolvimento do jogo foram os trabalhos de Esteban et al. (2004) e Oliveira e Saraiva (2014).

## 2. JOGOS NO ENSINO

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), segundo Richter e Cerutti (2022), ressalta a importância do viés tecnológico com incorporação do digital em todos os segmentos. O documento apresenta competências gerais e específicas, da educação infantil ao ensino médio, pensadas para uma sociedade que não se encontra mais em um período analógico.

O desenvolvimento das TDIC e o crescente acesso a elas possibilitaram mudanças na forma como a sociedade se desenvolve e se adapta às novas condições, o que impulsiona a necessidade de mudanças na educação. “Os jovens estão dinamicamente inseridos na cultura digital, não somente como consumidores, mas [...] como protagonistas” (Brasil, 2017, p. 474).

A utilização de jogos como recurso didático tem um grande potencial motivador, ao apresentar os conceitos de forma lúdica. Nas palavras de Ramos (2008), os jogos fazem parte da cultura juvenil e podem ser utilizados como recursos de aprendizagem. Para Savi e Ulbricht (2008), os jogos podem proporcionar práticas educacionais mais atrativas e inovadoras. Tanto na educação formal quanto na informal, os jogos didáticos podem proporcionar ao usuário momentos de interação e diversão, atraindo a atenção do jogador em diversos momentos. Ao mesmo tempo, jogadores/estudantes estariam simultaneamente se divertindo, aproveitando seu tempo e aprendendo.

Os jogos podem melhorar o desempenho dos estudantes em alguns conteúdos de difícil aprendizagem (Bretones, 2014; Pereira, 2013). Conforme observam Pacheco e Costa (2023),

os jogos são muito utilizados no ensino de química:

para o ensino de química, é notório como os jogos podem servir para estabelecer relações entre os níveis macroscópico e microscópico, aproximar o conteúdo com o cotidiano dos alunos sempre que possível, além de utilizar analogias para fazê-los entender a natureza empírica e muitas vezes abstrata dessa área de conhecimento (Pacheco e Costa, 2023, p. 19).

Sendo assim, o uso de jogos como recurso didático apresenta-se com grande potencial no processo de ensino e aprendizagem, na busca por “[...] uma educação que estimule a formação do pensamento criativo e inovador, que os jogos têm potencial para ajudar a promover, [...] precisa ser reformulada para atender as demandas atuais (Sena et al., 2016, p. 2).

Dentre as metodologias ativas, uma possibilidade ao se trabalhar com jogos é utilizar a Aprendizagem Baseada em Jogos (GBL, do inglês *Game Based Learning*). Paiva e Tori (2017) apresentam um levantamento dos benefícios da GBL que são: efeito motivador, facilitação do aprendizado, desenvolvimento de habilidades cognitivas, aprendizagem por descoberta e novas identidades, socialização. Savi e Ulbricht (2008) trazem, além destes benefícios, a coordenação motora, o comportamento “expert”, o processamento de informações, o reconhecimento de padrões e a capacidade de explorar, experimentar e colaborar.

Elaborar jogos que abranjam todos os benefícios citados acima é uma tarefa desafiadora. Savi e Ulbricht (2008, p. 5) afirmam que “embora seja difícil encontrar em um único jogo todas as potencialidades” é necessário compreender e saber identificar quais são os benefícios e os pontos negativos que um jogo apresenta. Desta maneira, o professor poderá julgar se o jogo é adequado ao contexto da sala e se poderá ser utilizado como recurso didático nas práticas de ensino.

Contudo, ainda existem muitos desafios a serem superados, seja para os desenvolvedores de jogos educacionais (Paiva e Tori, 2017; Savi e Ulbricht, 2008), seja para os professores que pretendem utilizá-los (Melo et al., 2021; Pacheco e Costa, 2023). Quando se trata da utilização e da escolha de jogos educacionais pelos professores, Melo et al. (2021) propõem parâmetros que auxiliem os professores na avaliação da qualidade de jogos digitais educacionais a partir da análise de dois *frameworks*: (1) *framework* para análise e *design* de jogos educacionais, em que são analisados os objetivos de aprendizagem, mecânica, dinâmica e estética, conhecidos como MDA (do inglês *mechanics, dynamics, aesthetics*), e princípios de *design* instrucional; (2) *framework* de *flow* para análise da qualidade de jogos educacionais, dividido em duas partes. A primeira está relacionada às características dos elementos do estado de *flow*. A segunda trata especificamente do estado *flow*, são dimensões abstratas que abordam a experiência do jogador advindas do *flow*. O estado *flow* não é um processo automático e imediato. No caso dos jogos é necessário que o jogador se ambiente com o jogo, aprenda os

comandos e conheça os possíveis retornos das ações realizadas (Paiva e Tori, 2017).

Segundo Martins e Giraffa (2015), não há um consenso quanto às contribuições de quais elementos de jogos são realmente importantes para o contexto educacional, que efetivamente trazem resultados satisfatórios. Porém, as autoras elencam alguns elementos de jogos digitais que podem ser utilizados com a intenção de potencializar os processos de ensino e aprendizagem nas práticas pedagógicas que utilizam a gamificação, para “auxiliar no desenvolvimento da fluência digital [...] formar cidadãos adaptados e articulados ao contexto sociocultural [...]”, com a intenção de “aprimorar competências relevantes ao estudante [...]” (Martins e Giraffa (2015, p. 16).

Essas considerações sobre a integração do jogo no contexto educacional vão ao encontro do que afirmam Soares e Garcez (2017) com relação ao lúdico. Para os autores, a utilização do lúdico como recurso não é algo simples de se fazer, demanda preparo e dedicação por parte do professor e

exige que os professores conheçam suas teorias, métodos e seu potencial pedagógico para que possam explorar de forma consciente e deliberada as habilidades e competências que tais atividades podem proporcionar ao aluno (Soares e Garcez, 2017, p.185).

Os jogos são recursos didáticos que por si só, muitas vezes, não conseguem alcançar os objetivos esperados pelos professores, o que justifica a preocupação com a escolha assertiva do jogo e a mediação entre o jogo e o estudante realizada pelo professor.

O jogo TPSC apresenta a tabela periódica no contexto da cosmoquímica como forma de motivar os estudantes a conhecerem mais sobre os temas. A cosmoquímica é um campo multidisciplinar que estuda a composição química do Universo e os processos a ela associados. As condições físicas do Universo primordial – temperatura e densidade extremamente elevadas – permitiram que fossem sintetizados os núcleos dos elementos mais leves da tabela periódica: hidrogênio, hélio, lítio e berílio (Steigman, 2007).

A nucleossíntese estelar, por sua vez, é a responsável pela formação dos demais elementos químicos, embora ela também produza núcleos de deutério e trítio que são isótopos pesados do hidrogênio, hélio, lítio e berílio.

Os estudantes geralmente adquirem conhecimento sobre os elementos químicos durante o estudo da tabela periódica, uma estrutura de classificação amplamente reconhecida, especialmente pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). Segundo Ross (2018), os conteúdos relacionados à tabela periódica são fundamentais no ensino de química, pois constituem a base para uma variedade de conceitos no currículo da educação básica.

Apesar de sua importância, há a necessidade de uma visão mais significativa sobre o assunto, o que exige mais do que memorizar, é preciso compreendê-la (Vianna, Cicuto e Pazinato, 2019). A tabela periódica se faz importante nas mais diversas áreas. Segundo Leite (2019),

a Tabela Periódica dos Elementos Químicos é mais do que apenas um guia ou catálogo de todos os átomos conhecidos no Universo; é essencialmente uma janela para o Universo, ajudando a expandir nossa compreensão de mundo. O desenvolvimento da Tabela Periódica é uma das realizações mais significativas da Ciência e um conceito científico unificador, com amplas implicações na Química, Física, Biologia, Astronomia e em outras Ciências. Ela é um recurso que permite os cientistas prever as características e as propriedades da matéria na Terra e no Universo. Diversas áreas tiveram impacto revolucionário a partir das contribuições da Tabela Periódica (Leite, 2019, p. 702).

A tabela periódica e a cosmoquímica são temas que fazem parte do currículo educacional. Muitas vezes estes temas são ensinados de forma disciplinar e as correlações entre eles não são apresentadas aos estudantes. É com a intenção de apresentar origem dos elementos químicos que o jogo TPSC pode ser considerado um recurso didático interessante neste contexto.

### 3. DESENVOLVIMENTO DO JOGO

Os elementos que compõem um jogo podem ser agrupados em quatro categorias: mecânica, narrativa, estética e tecnologia (Schell, 2011). Cada categoria precisa ser bem desenvolvida, visto que uma influencia diretamente a outra.

Para Schell (2011), a narrativa corresponde à sequência de eventos que se desdobram no jogo. A primeira etapa no desenvolvimento do jogo TPSC foi criar uma narrativa e, para tal, foram selecionadas as reações nucleares que deveriam ser apresentadas. Foram inseridas apenas as informações necessárias para o aprendizado sobre a origem de alguns elementos químicos. As emissões de neutrinos, pósitrons e fótons que são liberados nas reações de formação dos elementos químicos não foram representadas no jogo. A simplificação foi feita de forma a não comprometer a compreensão do conteúdo e do jogo, deixando de lado assuntos típicos do ensino superior. Esta estratégia de seleção e simplificação de informações está relacionada ao que propõem Kiili et al. (2014), ao mencionar as lentes da memória sensorial e da mente processante. Adequar as informações, selecionando as mais importantes, ajuda a atingir um determinado objetivo.

A segunda etapa consistiu em escolher a tecnologia. Schell (2011) classifica a tecnologia como qualquer material que torna o jogo possível, sendo, portanto, uma categoria que limita ou não o que pode ser feito. É por meio dela que a estética, a mecânica e a narrativa são trabalhadas. A tecnologia escolhida no jogo TPSC foi a digital, com a utilização de uma linguagem de programação apropriada. Optou-se por utilizar a linguagem Python, juntamente com a biblioteca Pygame, por ser ela uma linguagem gratuita e já haver muitos trabalhos publicados voltados para jogos. As ferramentas do programa Gimp também foram utilizadas

na produção das imagens gráficas e dos objetos interativos.

A terceira etapa consistiu em escolher uma estética apropriada ao jogo. Para Schell (2011), a estética está relacionada às sensações proporcionadas pelo jogo, sons e aparências. No jogo TPSC são mostradas imagens coloridas e cenários simples a fim de atrair a atenção do jogador/estudante e o *design* do jogo é composto por ilustrações em duas dimensões. As imagens que exigem leitura de textos são apresentadas em português ou em inglês, a depender da versão escolhida. As imagens da tabela periódica estão disponíveis em licença Creative Commons BY-SA 4.0 em inglês (Enevoldsen, 2016) e em português (Holzle, 2023). Como complemento às imagens apresentadas, foram adicionadas algumas imagens com informações como: nome do elemento químico, símbolo, número atômico e configuração eletrônica. Para compor o cenário, o jogo apresenta uma nave espacial, elétrons, núcleos atômicos, estrelas, personagem (astronauta), entre outros.

A última etapa, a mecânica, foi composta pela escrita do código do jogo com menu, lembretes, regras, desafios, informações e os conceitos necessários para que o estudante/jogador compreenda como ocorre a formação dos elementos químicos. Para Schell (2011), a mecânica comporta os procedimentos e regras, dita os objetivos e como alcançá-los, além de dar um retorno à ação do jogador.

A ludicidade do jogo TPSC é possibilitada pela simplificação do conteúdo teórico e o uso de analogias, ou seja, o jogo não foi construído para ser uma representação do mundo real, de todas as reações nucleares que ocorrem nas estrelas e sim para facilitar a compreensão dos estudantes a respeito da origem de alguns elementos químicos presentes na tabela periódica.

As analogias devem seguir uma premissa na sua criação (Mozzer e Justi, 2015) e frequentemente são entendidas como uma comparação de similaridades de dois domínios de conhecimento diferentes (Duarte, 2005): A

[...] premissa fundamental das analogias, a saber, favorecer a compreensão do não familiar a partir do familiar pela combinação entre o estabelecimento das relações de similaridade e o reconhecimento das diferenças (Mozzer e Justi, 2015, p. 126).

A utilização de analogias pode contribuir para o aprendizado dos estudantes quando ela vem acompanhada de uma explicação sobre as similaridades, as relações e as limitações entre a analogia e o objeto real. Em defesa da utilização das analogias no ensino das ciências, muitos autores apresentam como justificativa as suas potencialidades. Segundo Duarte (2005), as analogias

(1) Levam à ativação do raciocínio analógico, organizam a percepção, desenvolvem capacidades cognitivas como a criatividade e a tomada de

decisões; (2) Tornam o conhecimento científico mais inteligível e plausível, facilitando a compreensão e visualização de conceitos abstratos, podendo promover o interesse dos alunos; (3) Constituem um instrumento poderoso e eficaz no processo de facilitar a evolução ou a mudança conceptual; (4) Permitem perceber, de uma forma mais evidente, eventuais concepções alternativas; (5) Podem ser usadas para avaliar o conhecimento e a compreensão dos alunos (Duarte, 2005, p. 11-12).

Se os professores se ativerem apenas na inserção de uma analogia em sua aula, limitando-se apenas a explicá-la sem que as relações entre ela e o referente real sejam explicitadas, corre-se o risco de que os estudantes elaborem modelos mentais que não sejam coerentes (Mozzer e Justi, 2015). Isso porque as analogias, muitas vezes, apresentam aspectos limitadores como os observados por Duarte (2005):

(1) A analogia pode ser interpretada como o conceito em estudo, ou dela serem apenas retidos os detalhes mais evidentes e apelativos, sem se chegar a atingir o que se pretendia; (2) Pode não ocorrer um raciocínio analógico que leve à compreensão da analogia; (3) A analogia pode não ser reconhecida como tal, não ficando explícita a sua utilidade; (4) Os alunos podem centrar-se nos aspectos positivos da analogia e desvalorizar as suas limitações (Duarte, 2005, p. 12).

Desta forma, um caminho a ser percorrido quando se pretende utilizar analogias para aprendizagens de conteúdos deve passar por esclarecimento sobre os domínios comparados, explicitando as correspondências relacionais e diferenciando-as das correspondências perceptuais e superficiais (Mozzer e Justi, 2015).

Assim, o jogo TPSC apresenta três fases, construídas de acordo com os processos que geram os elementos químicos. Apresentar de forma detalhada a teoria envolvida nas reações nucleares que os produzem foge ao escopo deste texto. Porém, retomar de forma breve os conceitos astrofísicos que foram considerados no desenvolvimento do jogo é essencial para o seu entendimento e, portanto, serão discutidos juntamente com a descrição do jogo.

Todas as fases do jogo apresentam uma mecânica simples, com ações de pressionar botões. Tal estratégia foi pensada na intenção de proporcionar uma jogabilidade fácil até mesmo para quem não utiliza jogos digitais com frequência. A Figura 1 apresenta um fluxograma do jogo, que está disponível com acesso gratuito no site <https://sites.google.com/site/credianafaria> em duas versões, português e inglês e foi desenvolvido para o sistema operacional Windows.

Estabelecendo um paralelo entre os elementos de jogos digitais potenciadores dos processos de ensino e aprendizagem nas práticas pedagógicas gamificadas e os elementos constituintes do jogo TPSC verifica-se a seguir que o jogo apresenta a maioria destes elementos. No jogo TPSC o personagem, “representação virtual (digital ou não) do estudante,

ou seja, seu avatar” (Martins e Giraffa., 2015, p. 17), é um astronauta que quer sintetizar alguns elementos químicos e preencher a sua tabela periódica e assim cumprir a “missão que é a meta do jogo e está relacionada diretamente com o enredo e que significa concluir todos os níveis/desafios que levam ao fim do jogo” (Martins e Giraffa., 2015, p. 17). Para isso ele conta com uma nave espacial e um traje que lhe permite viajar até o interior das estrelas e enfrentar diferentes níveis de temperatura e pressão. O jogo é composto por cenários que representam estrelas de diferentes massas e regiões onde há supernovas. Todos estes elementos narrativos compõem o que Martins e Giraffa (2015) consideram como o enredo, que é a representação de um cenário ou contexto, que caracteriza o ambiente do jogo e o personagem, além de servir como plano de fundo para a missão.

Durante o jogo é possível ver qual elemento químico foi formado, quais são suas características, onde ele é encontrado e quais as condições físicas para formá-lo. Os objetivos específicos aparecem no jogo por meio de regras e têm a função de direcionar o jogo. Precisam ser pontuais, claros e passíveis de serem concluídos ao término dos níveis/desafios. No jogo TPSC, os objetivos específicos consistem em capturar um núcleo atômico e lançá-lo em direção a outro núcleo, formando um novo elemento, que será capturado pelo astronauta e armazenado. Já os níveis/desafios são as etapas determinadas pelos objetivos específicos e, ao concluí-las, o jogador avança para uma nova etapa/fase. Os desafios no jogo TPSC consistem em lançar o núcleo de um elemento químico contra outro e acertá-lo, capturar o novo elemento rapidamente, controlar o avatar de cada fase e conseguir o maior número de elementos químicos ao final do jogo.

Os recursos, por sua vez, são auxílios fornecidos por pessoas ou ferramentas de forma online ou não (Martins e Giraffa, 2015). No jogo TPSC este elemento aparece na forma de tutoriais explicativos que facilitam a compreensão da missão de cada nível/desafio. O elemento desempenho “constitui-se nos resultados quantitativos e qualitativos das aprendizagens alcançadas ao longo das etapas atreladas dos níveis/desafios. [...] na resolução da missão” (Martins e Giraffa, 2015, p.18). No jogo, o desempenho é medido de forma quantitativa, por meio da soma dos elementos químicos capturados, mas não é medida a aprendizagem alcançada ao longo das etapas.

O jogo começa com a captura de um próton, que é o núcleo de um átomo de hidrogênio. Depois de capturar um próton, o astronauta o arremessa contra outro próton para formar um núcleo de deutério, liberando um pósitron na reação. Aqui cabe um esclarecimento importante: não é possível fundir dois prótons. Como dois prótons não se ligam, para produzir um núcleo de deutério um dos prótons deve se converter em um nêutron justamente quando estão se tocando. Isto quer dizer que de cada  $10^{17}$  colisões, *uma* resultará em fusão. Este fato produz tempos de vida extremamente longos (~bilhões de anos) para as estrelas que, caso contrário, viveriam somente alguns segundos. Em seguida, arremessando o deutério em direção a outro próton, o astronauta produz um núcleo de hélio-3, um dos isótopos do segundo

elemento da tabela periódica. Este processo de lançar e capturar é repetido para formar outros núcleos:  $H^4$ , Li, Be, B. Após preencher a tabela periódica com o elemento químico boro, o astronauta conclui a primeira fase do jogo.

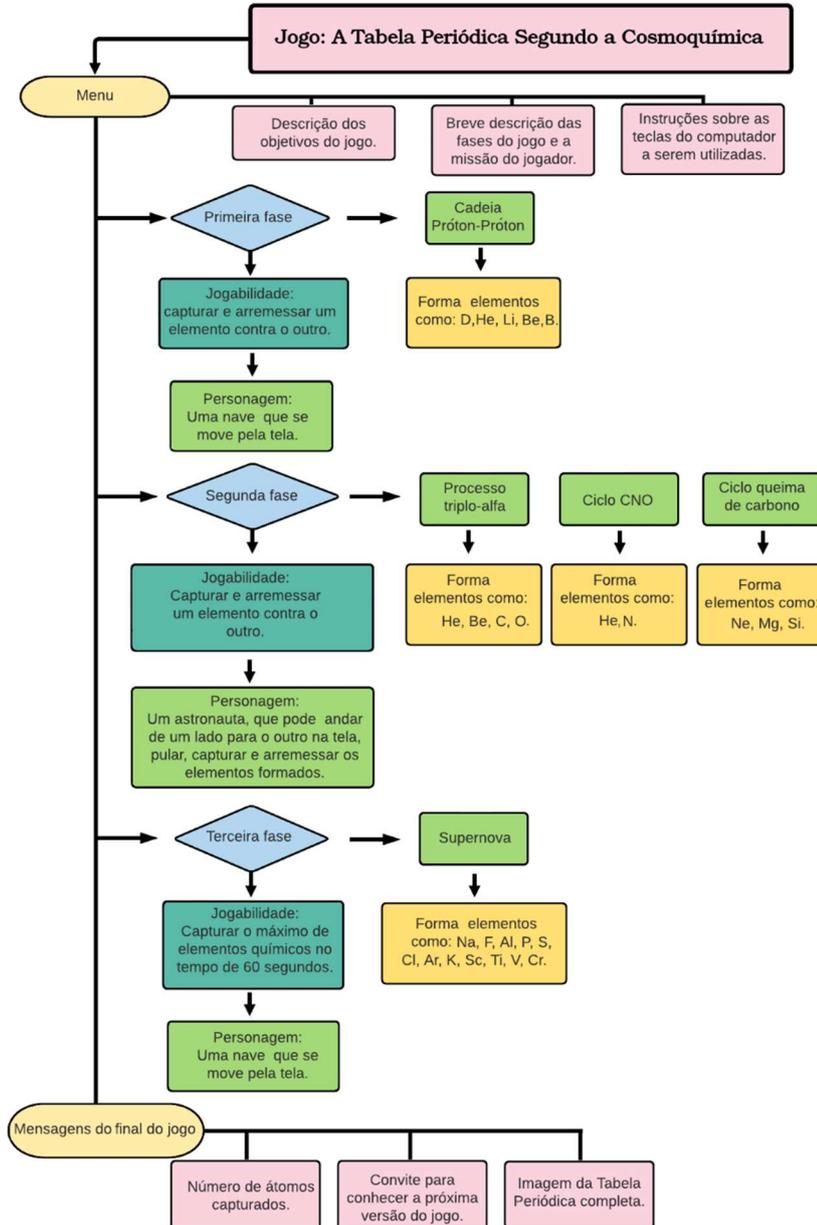


Figura 1. Fluxograma do jogo TPSC.

Fonte: autores

Ao realizar a colisão entre dois núcleos, espera-se que o estudante entenda que é necessário que esses núcleos tenham uma energia cinética suficientemente alta para que ocorra a formação do novo elemento químico. A partir disso, o jogador/estudante pode concluir que essas reações de fusão precisam de alta temperatura e pressão para ocorrerem. Ao visualizar a imagem representativa do elemento químico formado, o jogador/estudante pode reconhecer seu símbolo, algumas de suas propriedades e onde o elemento pode ser encontrado na Terra. Após a captura do núcleo de um novo elemento químico, ele é posicionado na tabela periódica automaticamente. Pequenos textos são disponibilizados durante o jogo e têm o objetivo de informar o jogador/estudante sobre o jogo e sobre a origem dos elementos químicos no interior das estrelas. Para ilustrar o jogo, algumas telas são apresentadas na Figura 2.

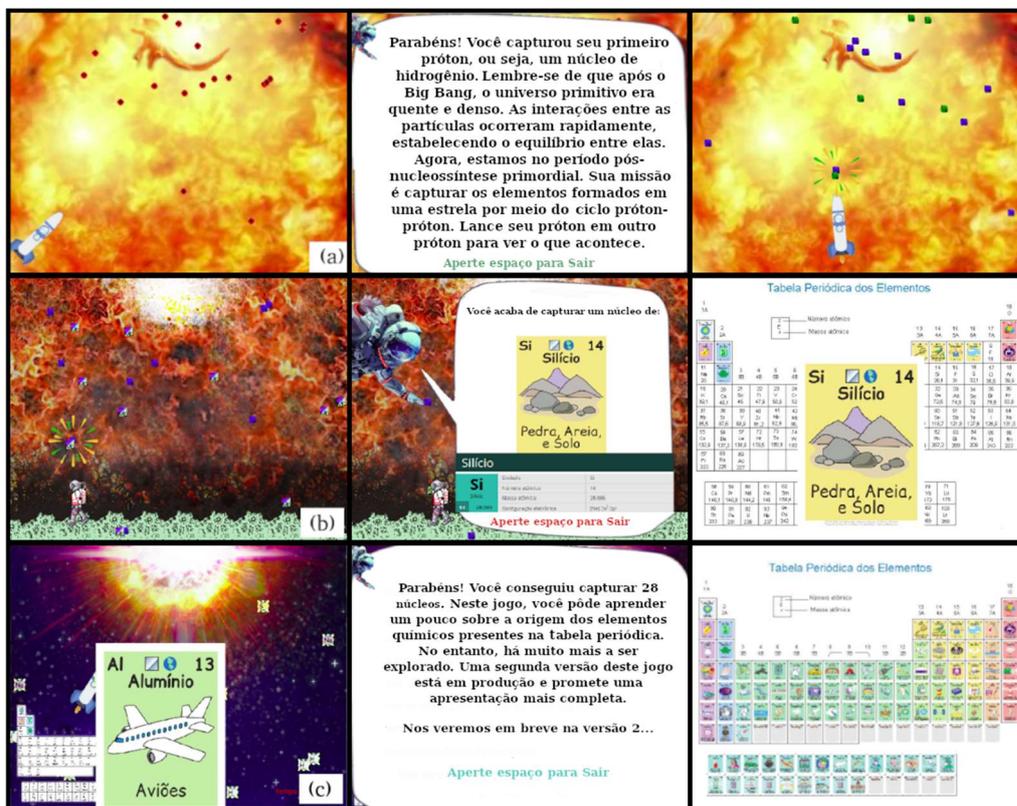


Figura 2. Apresentação das três fases do jogo.

Fonte: autores

A primeira fase do jogo é ilustrada na Figura 2a, que representa o ciclo próton-próton (ciclo pp). Nesse processo, núcleos de deutério, hélio, lítio, berílio e boro são produzidos a partir da fusão de prótons. Este processo ocorre em temperaturas da ordem de  $10^7$  K (Matteucci, 2012) e é importante notar que o lítio é muito frágil nessas temperaturas, sendo destruído assim que é produzido (Impey e Wenger, 2020).

Na Figura 2a, o seguinte texto aparece: “Parabéns! Você capturou seu primeiro próton, ou seja, um núcleo de hidrogênio. Lembre-se de que após o Big Bang, o universo primitivo era quente e denso. As interações entre as partículas ocorreram rapidamente, estabelecendo o equilíbrio entre elas. Agora, estamos no período pós-nucleossíntese primordial. Sua missão é capturar os elementos formados em uma estrela por meio do ciclo próton-próton. Lance seu próton em outro próton para ver o que acontece.”

A Figura 2b ilustra a segunda fase do jogo, que representa a síntese de núcleos de He, Be, C, N, O, Ne, Mg e Si. Esses núcleos são produzidos em reações nucleares que ocorrem em temperaturas ainda mais elevadas: o ciclo CNO, o processo triplo- $\alpha$  e a fusão do carbono (Horvath, 2011; Horvath et al., 2020; Oliveira e Saraiva, 2014).

A terceira fase do jogo, que corresponde a uma explosão de supernova, é ilustrada na Figura 2c. Nesta fase o jogador vai sintetizar núcleos de Na, F, Al, P, S, Cl, Ar, K, Sc, Ti, V e Cr. A jogabilidade na terceira fase é estimulada por um limite de tempo disponível para realizar a captura dos núcleos atômicos e a tabela periódica que está sendo preenchida é anexada ao canto inferior esquerdo da tela, facilitando a sua visualização.

O texto apresentado é: “Parabéns! Você conseguiu capturar 28 núcleos. Neste jogo, você pôde aprender um pouco sobre a origem dos elementos químicos presentes na tabela periódica. No entanto, há muito mais a ser explorado. Uma segunda versão deste jogo está em produção e promete uma apresentação mais completa. Nos veremos em breve na versão 2...”

As principais habilidades a serem desenvolvidas pelo jogador/ estudante ao jogar estão relacionadas a: compreender de onde surgiram os elementos químicos; lembrar ou reconhecer o nome, símbolo e número atômico dos elementos; estabelecer relações entre os elementos químicos e a sua utilização no cotidiano; associar a posição de um elemento na tabela periódica a sua ordem de formação no jogo. Espera-se que o jogador/estudante desenvolva a capacidade de processar informações e reconhecer padrões além de ampliar a capacidade de reação e coordenação motora.

#### 4. APLICAÇÃO DO JOGO, RESULTADOS E DISCUSSÕES

O jogo foi aplicado a uma turma piloto com a intenção de validá-lo como possível recurso didático a partir da avaliação de alguns dos seus elementos constituintes. Foram elaborados dois questionários com perguntas dissertativas, aplicados antes e após o contato dos estudantes com o jogo TPSC em duas aulas consecutivas.

Após a aprovação do projeto CAAE53427221.7.0000.5094 pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), o jogo foi aplicado em 2021, logo após o retorno das aulas presenciais determinadas pelo governo de Minas Gerais. Um professor de uma escola estadual se dispôs a aplicá-lo em uma turma do primeiro ano do ensino médio. Nessa turma havia 23 alunos matriculados, mas somente 8 entregaram o Termo de Assentimento Livre Esclarecido assinado e puderam participar da atividade.

A primeira ação foi passar aos estudantes as orientações sobre a pesquisa e seus objetivos. Logo após, os estudantes responderam o primeiro questionário (Quadro 1).

1) Você conhece a tabela periódica?
2) Você sabe porque os elementos químicos ocupam aquela posição na tabela periódica?
3) Onde surgiram os elementos químicos?
4) Você gosta de jogos digitais?

Quadro 1. Perguntas do primeiro questionário (antes do jogo)

Fonte: autores

Após responderem o primeiro questionário, os estudantes receberam um *notebook* com o jogo já instalado e tiveram tempo de jogá-lo quantas vezes quisessem até o término da aula. Na segunda aula, os estudantes responderam o segundo questionário (Quadro 2).

1) Você reconheceu alguns dos elementos químicos da tabela periódica apresentados no jogo? O que você aprendeu de novo com o jogo?
2) Você sabe por que os elementos químicos ocupam aquela posição na tabela periódica?
3) Onde surgiram os elementos químicos?
4) A primeira reação (pp) formou quais elementos químicos?
5) O jogo foi divertido?
6) As regras do jogo eram claras?
7) Você recomendaria o jogo para seus colegas? Por quê?
8) O jogo pode ser utilizado nas aulas como forma de motivar o aprendizado da tabela periódica? Explique?

Quadro 2. Segundo questionário (após o jogo)

Fonte: autores

As perguntas do primeiro questionário tinham por objetivo verificar o que os alunos sabiam sobre os temas abordados no jogo. No segundo questionário, as perguntas buscavam verificar se houve o desenvolvimento de habilidades e aprendizados por parte dos estudantes

após o contato com o jogo, assim como avaliar o próprio jogo.

As respostas dos questionários foram avaliadas quantitativa e qualitativamente e algumas delas são apresentadas como exemplos nos resultados. Para cada resposta foi utilizado um código de A1 a A8, associado de forma aleatória a cada estudante. Foram realizadas comparações entre perguntas do mesmo questionário e entre perguntas dos dois questionários.

A segunda e a terceira perguntas foram inseridas nos dois questionários para que pudessem ter suas respostas comparadas no momento da análise. Nos excertos apresentados, foi utilizada uma barra para separar as duas respostas: resposta do primeiro / resposta do segundo questionário.

Para identificar o que os alunos sabiam previamente sobre os temas abordados no jogo, aplicou-se o primeiro questionário. Na primeira pergunta investigou-se sobre a tabela periódica e a maioria dos estudantes afirmou conhecê-la. Porém, suas respostas apresentaram diferentes significados para a palavra conhecer, tais como o conhecimento da sua construção (parte histórica) e a ação de já ter visto a tabela periódica. Estas respostas eram esperadas, visto que o professor ainda não tinha trabalhado com os estudantes os conteúdos referentes esse tema.

Na primeira pergunta 62% dos estudantes afirmaram conhecer a tabela periódica e 38% afirmaram não conhecer. Quando comparada com a segunda pergunta, na qual eles são questionados sobre os elementos químicos e a tabela periódica, as porcentagens invertem-se e neste caso a maioria dos estudantes não soube responder. Ao comparar as respostas da primeira e da segunda pergunta, observou-se que a maioria dos estudantes não compreendiam a tabela periódica. Das respostas positivas (38%) na segunda pergunta, apenas um estudante respondeu de forma correta e os demais apresentaram tentativas aproximadas da resposta, como mostram os excertos a seguir:

“Pela sua massa, número atômico.” (A6)

“Um pouco, eu sei que é dividido em diferentes categorias como metais e gases.” (A1)

“Sim, já vi a história da formação da tabela periódica.” (A4)

Na terceira pergunta, os resultados mostram que os estudantes compreendiam o surgimento dos elementos químicos principalmente como produto de experiências químicas ou de substâncias químicas com 63% das respostas. Outros 25% também responderam de forma incorreta ou não responderam à pergunta. Apenas 12% responderam de forma correta:

“De experimentos químicos ao longo dos anos.” (A7)

“Das substâncias químicas” (A4)

“Alguns surgiram do Big Bang, já outros surgiram da mistura e experimento entre outros elementos” (A1)

Estes estudantes, na sua maioria apresentam uma concepção equivocada a respeito da origem dos elementos químicos.

Os resultados da quarta pergunta confirmam a necessidade de buscar alternativas de ensino mais próximas da realidade dos estudantes, considerando o contexto de cada turma e adequando a integração das TDIC nas aulas. As respostas a essa pergunta mostram que todos os estudantes participantes da pesquisa jogam jogos digitais e que, portanto, neste contexto o jogo pode ser uma das opções para o ensino (Sena et al., 2016), uma vez que o uso de jogos no ensino auxilia na construção do conhecimento, possibilita um maior envolvimento dos estudantes, e permite que eles sejam protagonistas da sua aprendizagem (Leite, 2018).

No segundo questionário, foram investigados alguns aspectos relacionados ao jogo e à sua utilização. A primeira pergunta se referia ao reconhecimento de alguns dos elementos químicos da tabela periódica apresentados no jogo e se houve algum aprendizado novo ao jogar. Das respostas, 75% foram positivas, os 25% restantes disseram não reconhecer ou não aprender nada de novo com o jogo:

“Sim, aprendi que alguns elementos podem surgir de explosões além do Big Bang”. (A1)

“Sim, que são muitos elementos químicos e que a tabela periódica é complexa”. (A3)

“Sim, se a gente lançar os prótons eles se unem, e transformam em novos elementos”. (A7)

A maioria dos estudantes afirmou reconhecer alguns dos elementos químicos apresentados e apontou a importância das colisões para a formação de novos elementos, compreendendo um dos objetivos do jogo que era a formação dos elementos químicos. Evidenciando assim o potencial do jogo, que favorece a aprendizagem. Ao jogar, as pessoas são desafiadas a extrair informações, interpretar o feedback fornecido, selecionar as partes correspondentes das informações de forma coerente e, ao mesmo tempo, decidir as ações corretas a serem executadas no jogo (Kiili et al., 2014, p. 10).

A segunda pergunta se referia à posição do elemento químico na tabela periódica. Observou-se uma mudança nas respostas dos estudantes, que passaram a fornecer respostas mais completas, e um aumento nas tentativas de respondê-la. Dos resultados desta pergunta, 25% conseguiram respondê-la, 25% não souberam responder e 50% fizeram tentativas de respondê-la. Observou-se também um número menor de estudantes que após o jogo disseram não saber responder à pergunta (de 62% no primeiro questionário para 25% no segundo). Este é um ponto positivo, pois mesmo não fornecendo respostas corretas, os estudantes modificaram suas opiniões e foram mais ativos ao tentar responder à pergunta. Nos excertos a seguir, apresentamos as respostas dadas pelos estudantes antes e depois de terem contato com o jogo:

“Não sei. / Sim, pelo número atômico e massa.” (A2)

“Pela sua massa, número atômico. / Por conta de sua massa e o número atômico.” (A6)

“Não. / Não, acho que é por causa dos números que cada elemento tem.” (A3)

A interação com o jogo influenciou as respostas desta pergunta, uma vez que o jogo apresenta muitas informações sobre cada elemento químico, bem como sua posição na tabela periódica.

A terceira pergunta se referia à origem dos elementos químicos e obteve resultados positivos, com menos respostas no segundo questionário que atribuíam a origem dos elementos químicos a produto de experiências químicas ou de substâncias químicas, indo de 62% no primeiro questionário para 37,5% no segundo. As respostas corretas aumentaram, indo de 12% para 37,5%. Estes estudantes conseguiram responder à pergunta com base no que viram no jogo, o que indica que o jogo foi útil para o seu aprendizado. Os 25% restantes responderam de forma errada. Estes excertos ilustram algumas respostas a essa pergunta nos dois questionários:

“Alguns surgiram do Big Bang, já outros surgiram da mistura e experimento entre outros elementos. / De grandes explosões, como supernovas, ou da junção entre outros elementos.” (A1)

“Eu realmente não sei. Da química? / No nucleossíntese primordial (eu acho).” (A3)

“Sim. / A partir da colisão deles formando terceiros.” (A6)

Estes resultados reforçam a importância da escolha de um jogo e o conhecimento da complexidade envolvida na sua utilização em atividades de ensino. Provavelmente os resultados desta pergunta teriam sido melhores se os estudantes já tivessem estudado a tabela periódica. Nesse caso, os estudantes poderiam compreender melhor a proposta do jogo e a sua relevância naquele contexto.

Os estudantes, durante o contato com o jogo, tiveram acesso a várias informações sobre a origem dos elementos químicos. A mudança de respostas observadas para esta pergunta no primeiro e segundo questionário, permite afirmar que ao jogo proporcional alguns aprendizados para estes estudantes.

Para Savi e Ulbricht (2008) o processamento de informações e o reconhecimento de padrões também são estimulados pelos jogos, estas são ações fundamentais para que o jogo atinja seu objetivo educacional. A facilitação do aprendizado pode ocorrer devido ao grande potencial que os jogos digitais têm para “representar cenários com elementos gráficos de diversos tipos.” (Paiva e Tori, 2017).

Lembrar o que foi apresentado no jogo é essencial para que ocorra uma aprendizagem significativa. Sendo assim, na quarta pergunta 75% dos estudantes lembravam-se dos elementos formados no ciclo pp e 25% disseram não se lembrar. Segundo Godoi et al. (2010), os jogos podem ser classificados como jogos educativos quando desenvolvem habilidades cognitivas importantes para o processo de aprendizagem. Um jogo é considerado didático quando busca atingir conteúdos específicos, ao passo que um jogo de entretenimento não

possui objetivos pedagógicos claros e dá ênfase a diversão. Os resultados obtidos nesta pergunta apontam para a não distinção dos tipos de jogos e seus objetivos por uma pequena parte dos alunos. Dois exemplos de respostas foram:

“Hidrogênio, Hélio, Berílio.” (A5)

“Não lembro, minha memória não é das melhores.” (A1)

Considerando o ato de jogar, Kiili et al. (2014) afirmam que “a reflexão nem sempre é uma ação consciente [...] somente quando um jogador processa conscientemente suas experiências, ele pode tomar decisões ativas e conscientes sobre suas estratégias de jogo” (Kiili et al., 2014, p. 10). Segundo essa autora, existe uma distinção entre as atividades relacionadas com a aprendizagem e as atividades relacionadas às ações de controle do jogo. Aquelas devem ser conscientemente processadas e refletidas, enquanto estas devem ser espontâneas e automáticas.

Nesta pergunta a maioria dos estudantes conseguiu responder corretamente, indicando que o jogo contribuiu para a assimilação de conteúdo, o raciocínio dedutivo e a memorização, que são benefícios proporcionados por jogos no ensino (Paiva e Tori, 2017).

Até este ponto, buscou-se analisar se o jogo fornece subsídios para que o estudante possa aprender ou lembrar-se dos assuntos abordados. As próximas perguntas estão relacionadas à experiência do jogador/estudante com o jogo. São analisados alguns dos elementos constituintes do jogo TPSC para verificar se ele atinge também a parte lúdica. Avaliar o nível de diversão do jogo, segundo Kiili et al. (2014), permite verificar se o jogo é capaz de fazer com que o jogador/estudante esteja envolvido, fator que o auxilia a atingir os objetivos do jogo.

Durante o jogo, a experiência de *flow* pode ser gratificante. Segundo Melo et al. (2021), este tipo de experiência está relacionada à realização de atividades que causam prazer, divertimento e são interessantes, agradáveis e envolventes. Na quinta pergunta, todos os estudantes afirmaram que o jogo foi divertido, apresentaram justificativas relacionadas à mecânica do jogo (simplicidade, velocidade e dinâmica) e ao aprendizado quando afirmam que o jogo, mesmo sendo didático, foi divertido:

“Sim, foi muito prático e dinâmico” (A6)

“Sim, por questão de ser um jogo educativo eu achei legal, não é parado e chato.” (A2)

As respostas permitem afirmar que o jogo cumpre sua função lúdica, visto que são apontados nas respostas alguns elementos que compõem o efeito motivação indicado por Paiva e Tori (2017). Para os autores, a imersão, diversão, entretenimento, ambiente interativo e dinâmico, estética visual e espacial fazem com que o jogador/estudante fique mais receptivo a

novos aprendizados.

Um jogo sempre contém regras, elas são a parte fundamental da mecânica dos jogos (Schell, 2011). Nos jogos digitais, algumas regras podem ser estabelecidas pelo próprio código, dispensando a memorização de todas as regras sobre as ações permitidas no jogo. Se as regras são complexas, o jogador pode ficar confuso e ter dificuldades em entender como o jogo funciona, mas se são claras o jogador consegue descobri-las e compreendê-las naturalmente (Schell, 2011).

Dentre as regras contidas na mecânica dos jogos, a mais importante está relacionada com a definição do objetivo, que deve ser bem elaborado e enunciado com clareza. Quanto mais fácil de entender o objetivo, mais facilmente os jogadores podem visualizar a maneira de alcançá-lo (Schell, 2011).

A sexta pergunta investigou sobre as regras do jogo. Todos os estudantes afirmaram que as regras eram claras e suas respostas estão relacionadas principalmente à simplicidade das regras e à facilidade de entendê-las:

“Sim, pois não tem um sistema complexo de controles.” (A1)

“Sim, porque elas eram bem simples de entender.” (A5)

“Sim, as regras explicam bem o jogo.” (A2)

As respostas dos alunos apresentam indícios do que é abordado por Schell (2011) ao tratar das regras operacionais que consistem em “o que os jogadores fazem para jogar o jogo”. Neste caso, ao responderem sobre a simplicidade dos controles. As regras escritas, por sua vez, são parte do jogo, um documento que os jogadores têm de ler para compreender as regras operacionais. Concordando com Soares (2008), regras simples facilitam o desenvolvimento do jogo em sala de aula e melhoram o ensino e a aprendizagem do conteúdo abordado.

A sétima e oitava perguntas, tiveram como objetivo identificar as opiniões dos estudantes, jogadores ativos de jogos digitais, a respeito das características e finalidades do jogo TPCS. A partir destas opiniões responderiam se indicariam o jogo para seus colegas e se o jogo poderia ser um recurso didático utilizado para o ensino da tabela periódica.

Todas as respostas foram positivas nestas perguntas, apresentando justificativas para a indicação do jogo relacionadas à forma divertida de aprender sobre a tabela periódica e sobre os elementos químicos:

“Sim para entenderem melhor o funcionamento dos elementos químicos.” (A1)

“Sim, pois além de divertido dá pra aprender bastante.” (A8)

Sobre utilização do jogo como forma de motivar a aprendizagem da tabela periódica, os alunos apresentaram respostas indicando a facilidade e o divertimento como principais fatores que contribuem para a aprendizagem, resultados que concordam com as observações

de Paiva e Tori (2017):

“Sim, pois é uma maneira fácil e legal de aprender sobre.” (A1)

“Sim, pois fica mais simples e divertido de aprender.” (A7)

Proporcionar motivação aos alunos é um dos motivos mais citados quando se produz ou utiliza jogos no ensino. A motivação nos jogos digitais vem das experiências e atividades satisfatórias e prazerosas causada pela motivação intrínseca que é desencadeada pelo ato voluntário de jogar (Pacheco e Costa, 2023, p. 13). Segundo os autores os jogos nos contextos educacionais trazem contribuições reais e benéficas aos alunos, além de possibilitarem reflexões e posturas críticas com relação a sua utilização.

A partir dos resultados obtidos nos questionários, observou-se que a maioria dos estudantes teve um melhor desempenho nas respostas após o contato com o jogo e consideraram o jogo útil para o aprendizado. Infere-se que o jogo foi, para estes estudantes, um facilitador do processo de ensino e aprendizagem, como pontua Leite (2019).

Após a interação com o jogo, observou-se um interesse maior dos estudantes em aprender mais sobre a tabela periódica e sobre a astronomia; os estudantes continuavam questionando e conversando sobre os temas no fim da aula, indicando que o jogo foi um recurso útil e interessante para eles.

## 5. CONSIDERAÇÃO FINAIS

Neste trabalho foi apresentado o jogo TPSC e algumas de suas potencialidades para o ensino através dos seus elementos constituintes. O jogo foi desenvolvido para ensinar os conceitos fundamentais da nucleossíntese, o que permite compreender a síntese dos elementos químicos nas estrelas. Ele apresenta em suas fases a origem dos elementos químicos, algumas das suas propriedades e suas posições da tabela periódica. Ao mesmo tempo, o jogo apresenta figuras de onde estes elementos químicos podem ser encontrados ou utilizados na Terra. Estas informações permitem que os estudantes estabeleçam relações entre os conteúdos e construa um aprendizado mais significativo.

Para atingir um potencial didático e lúdico, o jogo utiliza textos, imagens, sons, além da mecânica, dinâmica e objetivos de aprendizagem. Estes elementos reforçam a importância das reações nucleares na formação de um novo elemento químico e mantêm o jogador/estudante imerso no estado flow.

Além disso, o jogo apresenta elementos do estado flow (regras claras, feedback, jogabilidade, desafios) que contribuem para uma boa experiência com o jogo, e que foram mencionadas no questionário pelos estudantes.

Foram considerados os elementos com potencial didático a fim de mostrar quais são eles no jogo TPSC e como eles aparecem durante o jogo, facilitando assim a compreensão dos professores(a) que pretendem utilizá-lo como recurso didático.

Como ferramenta disponível online, o jogo TPSC pode ser utilizado tanto por professores quanto por pessoas que desejam aprender um pouco mais sobre o universo e a origem dos elementos químicos. Pode ser usado em atividades presenciais ou remotas, ou mesmo utilizando metodologias ativas de aprendizagem, onde os professores podem formatar sua disciplina de tal forma que o jogo se torne um elemento motivador em suas aulas. Apresentar a origem dos elementos químicos, possibilitando-lhes compreender como os elementos químicos são sintetizados pode ser uma forma de complementar o conteúdo visto em aula, proporcionando ao estudante uma compreensão mais abrangente do assunto.

Com base nos elementos do jogo TPSC analisados na pesquisa, considera-se que o jogo possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: compreender de onde surgiram os elementos químicos da tabela periódica; lembrar ou reconhecer o nome, símbolo e número atômico dos elementos químicos; capacidade de processar informações, reconhecer padrões e melhorar a coordenação motora e o tempo de reação. Diante do exposto, os estudantes participantes da pesquisa consideraram o jogo uma proposta relevante para o ensino da tabela periódica, por ser uma forma simples e divertida de aprender e por despertar o interesse em aprender sobre os temas apresentados.

Nesta pesquisa foi possível conhecer as opiniões dos estudantes, jogadores ativos de jogos digitais a respeito das características e finalidades do jogo TPCS. Os quais consideraram estes pontos como justificativa para futuras indicações do jogo para colegas e para a sua utilização no ensino da tabela periódica como recurso facilitador do aprendizado.

A partir do contexto dos estudantes a respeito do uso de jogos digitais e suas experiências com jogos didáticos percebeu-se que houve aprendizados e conclusões dos temas abordados no jogo. Após o contato com jogo alguns tipos de informações são mais facilmente lembrados pelos estudantes, principalmente as que são utilizadas para dar continuidade no jogo.

Após a primeira aplicação e avaliação do jogo TPSC, confirma-se que o jogo pode ser indicado como recurso didático em potencial, interessante e atual, um recurso facilitador do aprendizado, uma vez que auxilia na compreensão da origem dos elementos químicos.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências (PPGEC) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). A autora C. C. S. agradece o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG.

## REFERÊNCIAS

- Benedetti-Filho, E. et al. (2019). Desenvolvimento e aplicação de um jogo virtual no ensino de química. *Informática na Educação: teoria & prática*, 22, 144.
- Brasil, Ministério da Educação. *Base nacional comum curricular – ensino médio*. MEC, Brasília, 2017.
- Bretones, P. S. (org). *Jogos Para o Ensino de Astronomia*. Editora Átomo, São Paulo, 2014.
- Duarte, M. C. (2005). Analogias na educação em ciências: contributos e desafios. *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, 10, 7.
- Enevoldsen, K. (2016). [https://elements.wlonk.com/Elements\\_Pics\\_11x8.5.pdf](https://elements.wlonk.com/Elements_Pics_11x8.5.pdf) Acessado em 19/01/2023
- Esteban, C. et al. *Cosmochemistry*. Cambridge University Press, Cambridge, 2004.
- Godoi, T. A. F. et al. (2010). Tabela Periódica: um super trunfo para alunos do ensino fundamental e médio. *Química Nova na Escola*, 32, 22.
- Holzle, L. R. B. (2023). <https://www.tabelaperiodica.org/> Acessado em 19/01/2023.
- Horvath, J. E. *Fundamentos da evolução estelar, supernovas e objetos compactos*. Livraria da Física, São Paulo, 2011.
- Horvath, K. A. et al. (2020). Interdisciplinary study of the synthesis of the origin of the chemical elements and their role in the formation and structure of the Earth. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42, e20200160.
- Impey, C. & Wenger, M. (ed.). *Astronomy Education*, volume 2. IOP Publishing, 2020.
- Kiili, K. et al. (2014). Flow framework for analyzing the quality of educational games. *Entertainment Computing*, 5, 367.
- Leite, B. (2018). Aprendizagem tecnológica ativa. *Revista Internacional de Educação Superior*, 4, 580.
- Leite, B. (2019). O ano internacional da tabela periódica e o ensino de química: das cartas ao digital. *Química Nova*, 42, 702.
- Martins, L. M. M., & Giraffa, C. (2015). Gamificação nas práticas pedagógicas em tempos de cibercultura: proposta de elementos de jogos digitais em atividades gamificadas. *In Anais do Seminário de Jogos Eletrônicos, Educação e Comunicação* (11–19).
- Matteucci, F. *Chemical Evolution of Galaxies*. Springer, Berlin, 2012.
- Melo, V. B. et al. (2021). Percepção e Desafios na Avaliação de Jogos Digitais Educacionais. *In Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital* (713-716). Porto Alegre, Brasil.
- Mozzer, N. B., & Justi, R. (2015). “Nem tudo que reluz é ouro”: Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 15, 123.

- Oliveira, K. S. & Saraiva, M. F. O. *Astronomia e Astrofísica*. Livraria da Física, São Paulo, 2014.
- Pacheco, A. & Costa, H. R. (2023). Jogos digitais e aprendizagem em química: Uma análise a partir da revisão sistemática da literatura. *SciELO Preprints*.
- Paiva, C. A. & Tori, R. (2017). Jogos Digitais no Ensino: processos cognitivos, benefícios e desafios. *XVI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, Curitiba, Brasil, 1-4.
- Pereira, A.L.L. *A utilização do jogo como recurso de motivação e aprendizagem*. Universidade do Porto, Porto, 2013.
- Ramos, D. K. *Ciberética: vias do desejo nos jogos eletrônicos*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- Richter, A. P. H. & Cerutti, E. (2022). A Base Nacional Comum Curricular e as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação: Ampliando o olhar sobre as (con)divergências. *Dialogia*, 41,1.
- Ross, L. N. (2018). Causal explanation and the periodic table. *Synthese*, 198, 79.
- Santana, C. L. & Sales, K. M. B. (2020). Aula em casa: educação, tecnologias digitais e pandemia covid-19. *Educação*, 10, 75.
- Savi, R. & Ulbricht, V. R. (2008). Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. *Renote*, 6, 1.
- Schell, J. *A arte de game design: o livro original*. Elsevier, Rio de Janeiro, 2011.
- Sena, S. et al. (2016). Aprendizagem baseada em jogos digitais: a contribuição dos jogos epistêmicos na geração de novos conhecimentos. *Renote*, 14, 1.
- Soares, M. H. F. B. *Jogos para o ensino de química: teoria, métodos e aplicações*. Libris, Guarapari, 2008.
- Soares, M. H. F. B. & Garcez, E. S. C. (2017). Um estudo do estado da arte sobre a utilização do lúdico em ensino de química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 17, 183.
- Steigman, G. (2007). Primordial nucleosynthesis in the precision cosmology era. *Annual Review of Nuclear and Particle Science*, 57, 463.
- Vianna, N. S., Cicuto, C. A. T. & Pazinato, M. S. (2019). Tabela Periódica: concepções de estudantes ao longo do ensino médio. *Química Nova na Escola*, 41, 386.