



JOGO ALQUÍMICA: AVALIANDO POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES PARA ENSINAR REAÇÕES QUÍMICAS EM CONTEXTO HISTÓRICO

Alquímica game: evaluating potentials and limitations to teach chemical reactions in historical context

El juego Alquímica: evaluando las potencialidades y limitaciones para enseñar el concepto de reacciones químicas en contexto histórico

AUTOR 1

Wellington Francisco

Professor/pesquisador da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA)

orcid.org/0000-0002-1023-6399

lattes.cnpq.br/9386717718234718

welington.francisco@unila.edu.br

AUTOR 2

Henrique Chien Hua Nascimento

Licenciado em Química pela Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA).

orcid.org/0009-0002-6192-9975

lattes.cnpq.br/2099085411962565

zuzuriogamer@gmail.com



RESUMO: Este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar as potencialidades e limitações do jogo “Alquímica”, desenvolvido com a intenção de ensinar o conceito de reações químicas com um enfoque histórico. O jogo foi projetado com design de jogos de tabuleiro modernos, aumentando os elementos de decisão e estratégia e reduzindo os elementos de sorte. Para isto utilizou-se do elemental tetrad (mecânica, estética, história e tecnologia) para produção do jogo, tendo em mente um jogo educativo enquanto realizava este processo. Para análise das potencialidades e limitações foi utilizado dois padrões em uma perspectiva qualitativa: (i) regras implícitas e explícitas, (ii) intencionalidade lúdica. No primeiro padrão identificou-se que a estrutura mecânica do jogo, a narrativa e estética escolhidas podem favorecer uma atitude lúdica, assim como a decisão de quem será o alquimista (condutor do jogo) apresenta algumas barreiras de jogabilidade aos estudantes. O segundo parâmetro nos permitiu entender como a tecnologia escolhida e as intenções de ensino de química nas regras podem agir para alcançar uma interação entre os elementos e os estudantes durante a realização do jogo. Portanto, avalia-se que o jogo possui potencialidades para se desenvolver o ludismo, sobretudo pela presença do elemento estética que inspira a participação, embora os aspectos históricos por trás das reações realizadas possam ser limitações que dificultam o fluxo do jogo.

Palavras-chave: Design de jogos; História da Química; Reações químicas.

ABSTRACT: This work was carried out with the aim of analyzing the potential and limitations of the game "Alquímica", created with the intention of teaching the concept of chemical reactions with a historical focus. The game was designed in line with modern board games, increasing the elements of decision and strategy and reducing the elements of luck. To do this, elemental tetrad was used to produce the game, with an educational game in mind while carrying out this process. To analyze the potential and limitations, two patterns were used from a qualitative perspective: (i) implicit and explicit rules, (ii) playful intentionality. The first pattern shows how the mechanical structure of the game, the narrative and aesthetics chosen can favor a playful attitude, while the decision as to who will be the alchemist (the game's conductor) presents some gameplay barriers for students. The second parameter allowed us to understand how the chosen technology and the chemistry teaching intentions in the rules act on the interaction of these elements with the students. Therefore, it is estimated that the game has the potential to develop ludism, especially due to the presence of the aesthetic element that inspires participation. Although the historical aspects behind the reactions may be limitations that hinder the flow of the game.

Keywords: Game design; History of Chemistry; Chemical reactions.

INTRODUÇÃO

Entende-se que o conceito de reações químicas seja central no estudo da ciência Química, uma vez que o entendimento dessas transformações nanoscópicas se desdobram em diferentes aspectos químicos como: (i) linguagem representacional; (ii) formação da matéria; (iii) transformação e



conservação da matéria; (iv) estudos energéticos; (v) estudos cinéticos dentre outros. Mortimer e Miranda (1995), por exemplo, destacaram dificuldades relacionadas aos três primeiros aspectos porque os estudantes não conseguem explicar as mudanças macroscópicas observadas.

Outro obstáculo na aprendizagem do conceito de reações químicas envolve a estequiometria e as equações químicas. Diversos autores relatam que os estudantes apresentam significados errôneos sobre os coeficientes e subscritos presentes nas fórmulas químicas e equações químicas, assim como o aprendizado se baseia em práticas de resoluções de exercícios e não de compreensão das representações (MENDES; SANTANA; PESSOA JÚNIOR, 2015; MICKLOS LEWIS; BODNER, 2013; CUNHA, 2012; NAAH; SANGER, 2012; YITBAREK, 2011; DUMON, 2004).

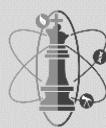
Diante de tais dificuldades, várias pesquisas mostram alternativas para minimizá-las. Mcfadden et al. (2013) destacam o uso de vídeos, enquanto Kumar (2001a) e Mendes, Santana e Pessoa Júnior (2015) exploram o uso de simulações e programas de computador. Em ambos os trabalhos envolvendo as simulações, os autores citam que a vantagem é criar um ambiente mais realístico e passível de alterações e execução de ações. Tudo isso permite aos estudantes verificar o funcionamento e desenvolverem hipóteses que permitem a criação de um modelo explicativo para as situações.

Uma alternativa citada na literatura é a exploração de jogos, uma vez que, no Brasil, o uso de jogos no Ensino de Química vem tendo um aumento significativo desde o ano 2000 e se consolidando como uma linha de pesquisa na área (SOARES, 2016). Sabe-se que os jogos fazem parte de nossas vidas desde que nascemos e que datam antes da própria cultura humana, pois até mesmo os animais antes dos seres humanos, já brincavam entre si (HUIZINGA, 2000).

Em relação ao uso de jogos no ensino de reações químicas, Garcez (2014) mostrou que não é um dos assuntos mais explorados quando comparados a outros conceitos. Contudo, a autora sublinha que quando trabalhado, o foco concentra em adaptações de jogos tradicionais para debater de maneira mais geral o conceito. Santos e Mazzé (2022) desenvolveram um jogo digital, intitulado de Mineração Química, que explorava a resolução de exercícios sobre reações químicas. Os resultados mostraram que o jogo proporcionou um potencial lúdico e social, assim como atingiu os objetivos da aprendizagem. No entanto, não foi detalhado quais aprendizagens foram alcançadas e as diferenças entre outras abordagens.

Diante disso, este trabalho visa mostrar a criação de um jogo, nomeado de “Alquímica”, para trabalhar o conceito de reações químicas em uma abordagem histórica, explorando, sobretudo, as reações de isolamento de substâncias simples que permitiram a identificação de novos elementos químicos. Para além de apresentar como o jogo foi criado, objetivou-se avaliar as potencialidades e limitações do jogo considerando dois padrões de análise: as suas regras e sua intencionalidade lúdica.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA



Várias considerações são feitas em busca de um entendimento e definição do termo jogo, como já apontado por Kishimoto (1994), devido a amplitude de significados e possibilidades linguísticas. No entanto, Huizinga (2000) define o jogo como sendo uma brincadeira seguindo um padrão de regras. Dentro da amplitude de significados, pode-se questionar então: O que seria uma brincadeira? Qual o entendimento para regras?

Nesse sentido, Kishimoto (1996) busca diferenciar e relacionar o entendimento de brincadeira e brinquedo. O brinquedo seria um objeto que possui uma relação íntima com quem o manuseia, com uma indeterminação em seu uso e um sistema de regra que pode ser criado para organizar sua utilização. Já a brincadeira seria o resultado da ação de utilizar o brinquedo ou alguma atividade seguindo regras pré-estabelecidas (KISHIMOTO, 1996).

Além disso, Kishimoto (1996) apresenta três características importantes para se entender o que seria um jogo, sendo estas: (i) resultado de um sistema linguístico dentro de um contexto social; (ii) um sistema de regras; e (iii) um objeto. A primeira característica relaciona-se com a linguagem dentro de um contexto social com o jogo, sendo o sentido do jogo dependente disso. Tal linguagem não está relacionada a uma linguagem particular de uma Ciência, mas sim ao uso cotidiano. Portanto, o essencial não é seguir uma lógica de uma designação científica de fenômenos, mas respeitar o uso cotidiano da linguagem pressupondo as interpretações e projeções sociais.

A segunda característica aponta que um jogo sempre tem um sistema de regra que permite identificar uma estrutura sequencial de sua modalidade. Esse ponto caracteriza a brincadeira e está ligado a terceira característica que relaciona o jogo como objeto, aproximando-se da ideia de brinquedo. Quando se tem as três características presentes, pode se caracterizar como um jogo.

Juntamente com essas características, Huizinga (2000) destaca o caráter “não sério”, a liberdade, regras e limitações e a separação dos fenômenos do cotidiano como um jogo. Esse caráter de “não sério” não é relativo à brincadeira ser séria ou não, mas sim que não é necessário levar todos os jogos a sério, abrindo margem para a diversão. Já a liberdade de um jogo é intrínseca à forma voluntária para se jogar, caso contrário, deixa de ser jogo.

Sobre a questão do voluntarismo, há um contraponto quando se trata de jogo dentro da sala de aula, que é feito de forma intencional pelo professor, surgindo então, o conceito de jogo educativo. De acordo com Kishimoto (1996), o jogo educativo deve apresentar uma função lúdica e uma função educativa, sendo a função lúdica a de propiciar prazer, diversão ou até mesmo desprazer; e a função educativa de ensinar qualquer coisa que complete o sujeito em seu saber, seus conhecimentos e sua apreensão do mundo.

Conciliar ambas as funções se apresentam como uma tarefa árdua. Soares (2013) aponta que o desafio é equilibrar de forma favorável tanto a função lúdica quanto a educativa, sendo que o ato de propor a atividade do jogo em sala de aula já apresenta uma função educativa maior que uma lúdica. Para



contornar isto, busca-se preservar uma liberdade de interação com o jogo para que possa se divertir e brincar.

Não obstante, mesmo tendo essa distinção entre os termos, todo jogo é educativo em sua essência. Seja ele de tabuleiro, trabalho, político ou o social, sempre se tem algo a aprender (SOARES, 2023). Dentro disso, Soares (2023) define jogo como qualquer atividade lúdica que tenha regras claras e explícitas, estabelecidas na sociedade, de uso comum e tradicionalmente aceitas, seja de competição ou de cooperação.

Dentro dos jogos, tem-se aqueles que são populares e muito difundidos como os tradicionais: Dominó, Ludo, Damas, Xadrez etc.; e tem aqueles que não datam de tanto tempo atrás, mas são tão populares a tanto tempo que podemos chamá-los de clássicos. Alguns exemplos são o Banco Imobiliário, Uno, Jogo da Vida. Esses jogos têm suas regras muito bem estabelecidas no imaginário popular, e normalmente quando vamos criar jogos para o ensino usa-se estes como base.

Jogos que os alunos conhecem têm chances melhores de funcionar, seja pelo acesso que eles têm aos jogos, ou pelo grau de interação que tiveram com ele por toda a vida até aquele momento (SOARES, 2023).

Muitos desses jogos têm a característica comum do envolvimento de sorte, sendo esta uma das características de muitos jogos clássicos. Em contrapartida, os jogos de mesa modernos, que tem uma linha no seu design diferente, apresentam normalmente características como: interação entre os jogadores, conflito indireto por recursos, ausência da eliminação de jogadores e uma menor quantidade de sorte envolvida, valorizando a habilidade dos jogadores. Prado (2019) apresenta que os jogos modernos se contrapõem aos jogos clássicos, principalmente pela pouca influência da sorte, sendo este o fator que permite a análise de possibilidades e diferentes estratégias em torno da busca pelo objetivo no jogo. Seguindo essa linha, Schell (2008) propõe o Elemental Tetrad que possui quatro elementos:

- Mecânica: São os procedimentos e regras do jogo. A mecânica descreve o objetivo do jogo, como os jogadores podem ou não tentar alcançá-los e o que acontece quando se tenta;
- História: É a sequência de eventos que se desenvolve em seu jogo. Ela pode ser linear ou pré-roteirizada, ou ainda ramificada e emergente;
- Estética: É a aparência, o som, o cheiro, o gosto e a sensação do jogo. A estética é o aspecto de extrema importância, pois se relaciona mais diretamente com a experiência do jogador;
- Tecnologia: Qualquer material e interação que torne o jogo possível, como papel e lápis, fichas de plásticos etc.

Todos esses elementos possuem uma importância equivalente. Por exemplo, ao considerar a mecânica, esta deve estar alinhada com a história para que se faça sentido. A história deve ser reforçada pela estética para que os jogadores se interessem por ela, enquanto a tecnologia escolhida deve ser capaz

de suportar a mecânica e expressar a estética. Schell (2008) propõe a Figura 1 para representar o Elemental Tetrad.

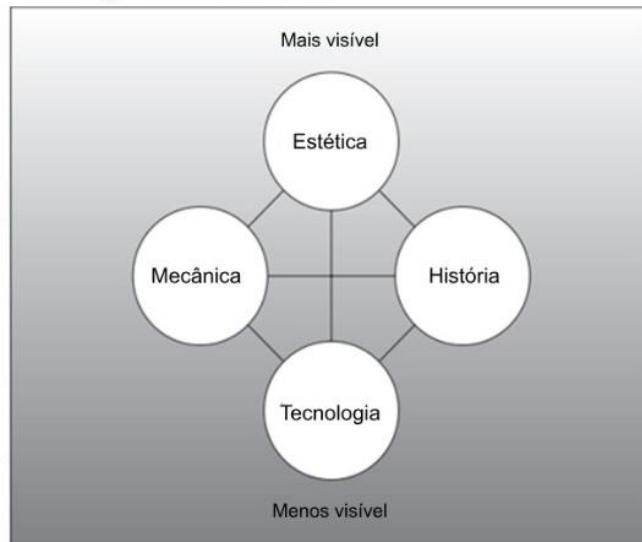


Figura 1: Esquema do Elemental Tetrad. **Fonte:** Adaptado de SCHELL (2008, p. 42).

A diferença de tonalidade da coloração cinza, de cima para baixo na figura, indica a visibilidade dos elementos que se refere ao quanto o jogador/estudantes nota a presença deles no jogo. Mesmo que todos os aspectos possuam a mesma relevância para o jogo, alguns são mais visíveis pelos jogadores (SCHELL, 2008). No início, os jogadores observam primeiramente a estética do jogo, em função da aparência do jogo e do que o compõe. Em seguida, notam-se a mecânica e a história que dão o desenrolar do jogo, as sequências e as interações e, por fim, percebem a tecnologia, que é algo que os jogadores não pensam ativamente respeito, mas que utilizam (materiais, fichas, peças) durante o jogo.

Quando se idealiza um jogo, esses elementos devem ser trabalhados tendo em mente uma intencionalidade lúdica, para que assim se tenha os aspectos de se ensinar desde o esqueleto do jogo. Felício e Soares (2018) explicam que a intencionalidade lúdica é aquela que o professor orienta a atividade lúdica de forma a equilibrar o aspecto prazeroso e pedagógico a ser desenvolvido. O jogo construído tendo uma intencionalidade lúdica, provavelmente apresentará ludicidade, que é a qualidade de uma atividade lúdica, sobretudo no aspecto da diversão e do prazer (SOARES, 2023). Tal característica é importante porque deve ser norteadora de qualquer atividade proposta em sala de aula.

Dentro disso, tem-se a mecânica como o primeiro passo quando se idealiza um jogo. Schell (2008) apresenta a mecânica como o núcleo do jogo, uma vez que são as interações e relacionamentos que permanecem quando toda a estética, tecnologia e história são removidas. Corroborando com isso, Soares (2023) apresenta que caso se queira atingir a aprendizagem de conceitos com os jogos, passa-se primeiramente pelas regras, que devem ser obedecidas para atingir o objetivo proposto. Para isso, considera-se dois níveis de regras, as implícitas e explícitas. As regras implícitas são as que limitam as



habilidades mínimas necessárias para manusear o objeto, de forma que se possa praticar as regras explícitas. Já as regras explícitas são aquelas declaradas e consensuais do jogo.

A tecnologia é o elemento que torna o jogo possível e que limita ou não certas interações com o jogador. Soares (2023) propõe, de forma a sistematizar qualitativamente, os níveis de interação que o jogo pode ter com o jogador, apresentados no Quadro 1:

Quadro 1 – Diferentes níveis de interação de jogos.

Nível de interação	Características
I	Atividades lúdicas que primam pela manipulação de materiais que funcionem como simuladores de um conceito conhecido pelo professor, mas não pelo estudante, dentro de algumas regras preestabelecidas, em que não haja vencedores ou perdedores, primando-se pela cooperação.
II	Utilização de atividades lúdicas que preza pela forma de competição entre vários estudantes, com um objetivo comum a todos, podendo ou não ser realizada em grupos. Geralmente jogos de cartas e tabuleiros.
III	Construção de modelos e protótipos que se baseiam em modelos teóricos vigentes, como forma de manipulação palpável do conhecimento teórico. Elaboração de simulações e jogos por parte dos estudantes, como forma de interação com o brinquedo, objetivando a construção do conhecimento científico, logo após a estruturação do conhecimento. Em síntese, esse nível é aquele em que se manipula um material como um brinquedo. Aqui também estão previstas atividades coletivas de construção de sítios, blogs, jornais, revistas e atividades de construção coletiva correlatas. As mudanças aqui, quando ocorrem, são consideradas incorporações lúdicas.
IV	Utilização de atividades lúdicas que se baseiam na utilização de histórias em quadrinhos e atividades que se utilizem de expressão corporal em seus diversos níveis.

Fonte: Soares (2023, p. 63).

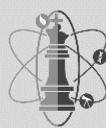
Soares (2023) pontua que algumas tecnologias estão normalmente associadas a algum tipo de interação. Esses níveis de interação entre jogador/ideia é que determina as possibilidades e potencialidades lúdicas e didáticas do material (SOARES, 2023).

A interação com o material deve vir de uma atitude lúdica, que convida a participar, que envolve voluntariamente os participantes e os faz se sentirem capazes de participar da formulação das regras e segui-las atentamente, desafiando a atenção e o envolvimento de todos (FELÍCIO; SOARES, 2018).

Além disso, a interação deve ocorrer desta forma porque um jogo educativo precisa ter ludicidade para seus participantes poderem ter ludismo. Um jogo sem ludicidade não é um jogo. Um jogador sem ludismo não é um jogador. Isso significa que se um jogador não tem atitude lúdica, ele não está se divertindo e, logo, não está participando como jogador.

METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa foi a qualitativa. Minayo (2012) mostra que quando temos o objetivo de tornar possível a objetificação de um tipo de conhecimento subjetivo, como a análise das



potencialidades e limitações do jogo “Alquímica”, a análise qualitativa se faz adequada como um meio de investigação concreta para construção de um conhecimento.

O objeto de pesquisa foi o jogo “Alquímica”, desenvolvido com o intuito de ensinar o conceito de reações químicas (Ensino Médio e/ou Ensino Superior) com design de jogos de tabuleiro modernos e que ainda não foi reproduzido em sala de aula. Seu desenvolvimento é feito em grupos de no mínimo três pessoas (incluindo o alquimista), sendo recomendado um máximo de 5 pessoas para não que se tenha um maior controle sobre o que está acontecendo na mesa. A duração do jogo é variável, com um mínimo de 2 aulas, mas vai depender de quanto o professor quer aprofundar o conceito de reações químicas. Sobre os conhecimentos prévios, é necessário um conhecimento sobre as características químicas de substâncias como suas classificações em ácido, base, óxido e sal devido às categorias das cartas. No entanto, mesmo que esse conhecimento seja mínimo, é possível apropriar desses conhecimentos, assim como de reações no decorrer do jogo.

O jogo contém cartas, fichas e papéis (Figura 2 e Figura 3), que serão detalhadas mais à frente no texto. Em “Alquímica”, os jogadores precisam montar reações químicas de obtenção das substâncias simples de elementos químicos, explorando aspectos históricos que compreendem tanto simbologias quanto reações.

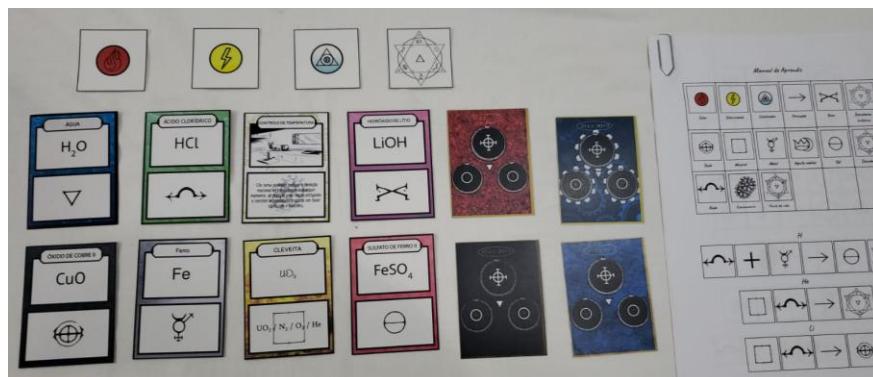


Figura 2: Componentes do jogo Alquímica. **Fonte:** Os autores.



Figura 3: Mesa do jogo Alquímica. **Fonte:** Os autores.



Os elementos químicos escolhidos para a preparação do jogo foram 15: Hidrogênio (H), Hélio (He), Lítio (Li), Berílio (Be), Boro (B), Nitrogênio (N), Oxigênio (O), Flúor (F), Sódio (Na), Magnésio (Mg), Alumínio (Al), Silício (Si), Fósforo (P), Cloro (Cl) e Potássio (K). Todos estes contêm as reações históricas de isolamento, entretanto outros elementos também estão presentes como: Zinco (Zn), Ferro (Fe), Estanho (Sn), Cobre (Cu), Mercúrio (Hg), Prata (Ag) e Cálcio (Ca). Estes sete elementos foram adicionados por fazerem parte de algumas das reações históricas de isolamento dos 15 iniciais planejados, que também podem ser isolados no jogo, mas com uma quantidade inferior de pontuação.

O jogo “Alquímica” foi construído utilizando-se como base o Elemental Tetrad de Schell (2008) de forma consciente, aplicados no jogo da seguinte forma:

- Mecânica: Manejo de recursos, aleatoriedades, expressão de habilidades por meio de ações;
- História: Alquimista em busca de um sucessor, com a narrativa acontecendo em torno do século XIV e XV, mas o alquimista com habilidade de viajar no tempo;
- Estética: Simbologia baseada na Alquimia e desenhos de equipamentos atuais (relativo à narrativa);
- Tecnologia: Cartas, Fichas, folhas e o Alquimista.

A narrativa é um dos pontos do Elemental Tetrad de um jogo, pois de acordo com Schell (2008), faz com que o jogo seja mais emocionante e fácil de se entender. Com isso, a história do jogo “Alquímica” está ambientada entre o século XIV e XV, onde ainda se tinham alquimistas. Os jogadores são aprendizes de um misterioso Alquimista que adora água e está muito à frente do seu tempo, tanto em seu laboratório quanto em suas técnicas, com o objetivo de nomear seu sucessor e entregar-lhe o seu grimório. Este grimório guarda todos os segredos por trás de seu conhecimento, solicitando que seus aprendizes compitam por estrelas alquímicas. Para obtê-las, os jogadores devem conseguir isolar os elementos químicos em sua forma mais básica.

Quando é apresentado a ideia de o Alquimista estar à frente do seu tempo é relativo à capacidade de ele existir em toda a linha do tempo, transitando como quiser em qualquer ano. Esse fator se apresenta como algo importante, visto que muitos dos elementos apresentados no jogo como nas reações históricas e equipamentos, estão deslocados do tempo narrativo onde se passa o jogo.

Outros pontos importantes do Elemental Tetrad é a estética do jogo, sua mecânica e tecnologia. Schell (2008) enfatiza a importância de a mecânica do jogo estar aliada a estética para realçar a narrativa, fazendo com que ela surja a partir dessas características. Já a tecnologia deve ser adequada para a história. Visto isto, teve-se uma grande atenção a estes elementos no processo de criação do jogo que são descritos a seguir.

Os símbolos, que representam as categorias de cartas presentes no jogo (Figura 4), foram escolhidos pensando nos símbolos alquímicos utilizados até meados do século XVIII, cujas variações eram diversas. Então, foi tomada a liberdade de adaptar esses símbolos para descrever as categorias presentes



no jogo. Grande parte dos símbolos teve como inspiração os usados por Étienne François Geoffroy em *Tables des rapports*, que foi apresentado em 1718 (Figura 5).

Base	Ácido	Instrumento	Metal	Mineral	Óxido	Sal	Agente redutor

Figura 4: Símbolos das categorias do jogo Alquímica. **Fonte:** Os autores.

TABLE DES DIFFERENTS RAPPORTS
établie entre différentes substances

Legend:

- Espree acide
- Acide de sel marin
- Acide nitreux
- Acide muriatique
- Sel alkali fixe
- Sel alkali volatile
- Terre absorbante
- Substances métalliques
- Métal
- Ronde d'Antimoine
- O
- Aigre
- Cuivre
- Plomb
- Etain
- Zinc
- Pierre Calamnare
- Principale en corps d'orange
- Esprit de mineraux
- Rau
- Sel
- Esprit de fer ou saponite ardente

Figura 5: Tables des rapports de Étienne François Geoffroy (p. 212).
Fonte: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/88042#page/347/mode/1up>

Ainda quanto à estética, tem-se a representação dos equipamentos, vistos na Figura 6, como desenhos para reforçar a narrativa quanto a época em que se passa o jogo. Além disso, pode-se notar a existência de equipamentos não encontrados durante o recorte temporal do jogo, fortalecendo a narrativa do Alquimista ser um viajante no tempo.

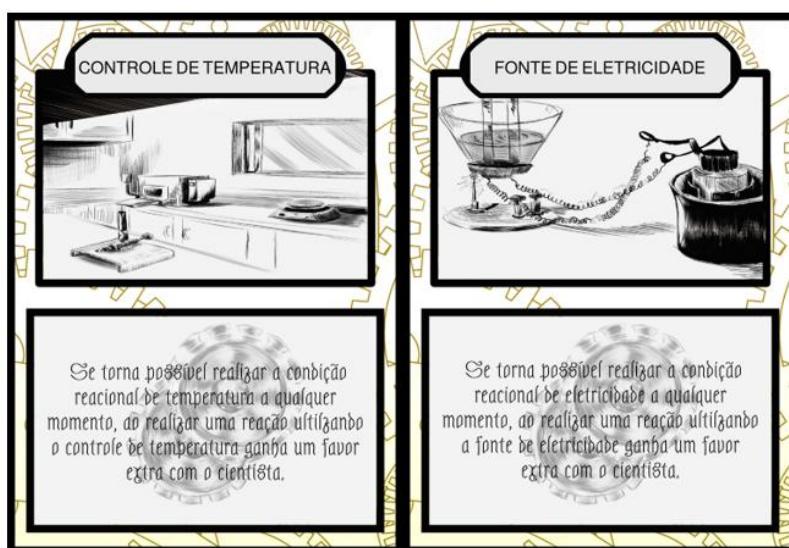


Figura 6 - Alguns equipamentos presentes no jogo Alquímica. **Fonte:** Os autores.



Já os símbolos apresentados na Figura 7, que estão presentes nas fichas, representam as condições reacionais que podem ser utilizadas pelos aprendizes. Eles foram escolhidos de forma a se assemelhar ao senso comum, cujo símbolo de fogo indica o calor, o raio a eletricidade. Apenas o catalisador, por não ter como representar mais próximo da realidade, adotou-se o símbolo de um triângulo com uma esfera ao meio, inspiração no símbolo para o mito da pedra filosofal. Essa escolha se deu pela ideia de transformação de metais menos nobres em metais mais nobres sem ser consumida.

Calor	Eletricidade	Catalisador

Figura 7 - Símbolos das categorias do jogo Alquímica. Fonte: Os autores.

O objetivo do jogo é conseguir nove “estrelas alquímicas” (Figura 8), sendo este número escolhido devido à sua própria simbologia que representa o último número de um ciclo e início de um novo, sendo então o último número necessário para a sucessão ao alquimista. Além disso, é um número bom para que o jogo não tenha uma longa duração e nem uma duração muito curta, permitindo os estudantes pensarem em estratégias para alcançar o objetivo, aliando assim narrativa, estética e mecânica.

Para a ambientação do jogo foi escolhido o símbolo da estrela de Davi, que na história da Alquimia assume o significado de equilíbrio. Assim posto, todas as categorias em que se tem substâncias químicas nas extremidades da estrela simbolizam o domínio dos aprendizes das reações ao utilizá-las, enquanto o símbolo ao meio representa a água que é algo que o alquimista, dentro da narrativa do jogo, tem apreço.

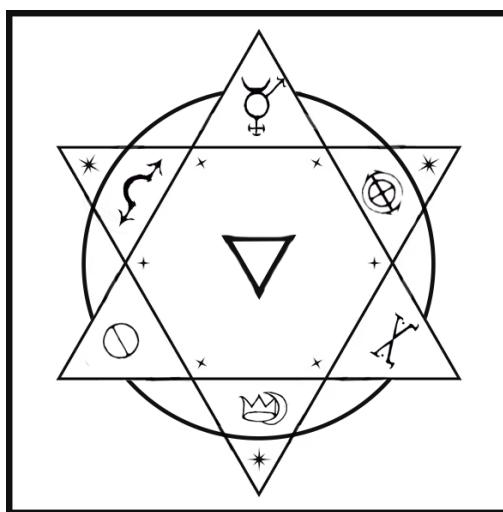


Figura 8 – “Estrela Alquímica”. Fonte: Os autores.

Para alcançar as estrelas alquímicas, os jogadores devem realizar as representações das reações que isolam os elementos em sua substância simples. Como recompensa, receberão estrelas alquímicas, tendo um bônus de estrelas recebidas caso seja o isolamento por meio da representação da reação



histórica. Para auxiliar nesta tarefa, os aprendizes, ao início do jogo, recebem um manual contendo uma prévia da reação química histórica, cuja prévia contém apenas as categorias envolvidas na reação, como exemplificado na Figura 9. O manual do aprendiz pode ser visto na íntegra no ANEXO 1¹ presente no artigo.

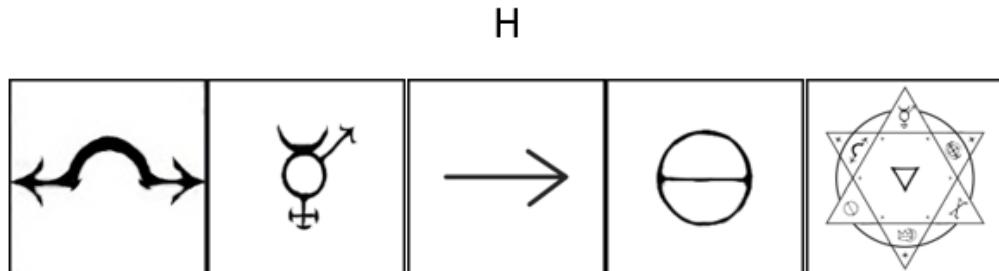


Figura 9: Reação para isolamento do hidrogênio presente no manual do aprendiz. **Fonte:** Os autores.

Já os símbolos presentes nos fundos das cartas remetem a Alquimia (Figura 10). A cobra mordendo o próprio rabo em torno de cada símbolo está presente em todas as cartas, sendo o posicionamento destes símbolos para representar a molécula de água. O triângulo invertido, no meio da carta, também representa a água.

A cobra mordendo o próprio rabo remete tanto a Alquimia quanto a narrativa por trás do alquimista, a respeito da busca do autoconhecimento dos aprendizes e o “eterno” alquimista além do seu tempo. Ainda na Figura 6, na direita inferior, tem-se as engrenagens envolta dos outros símbolos, que servem para os instrumentos químicos. Todos os instrumentos estão à frente do tempo em que se passa o jogo, realçando a narrativa.



¹ Link do manual do aprendiz (ANEXO 1): https://drive.google.com/file/d/1NSyc_V7g7FeSvKe-BYI5voiTj9KzH7VK/view?usp=sharing



A tecnologia utilizada para o jogo foram os materiais apresentados inicialmente, sendo as cartas, fichas e papéis. Esta escolha de tecnologia implica diretamente na mecânica do jogo e suas potencialidades e limitações, que serão discutidas mais adiante.

Para a análise do jogo foram escolhidos dois parâmetros: (i) regras do jogo e (ii) intencionalidade lúdica. O primeiro nos permitiu entender como a estrutura mecânica do jogo, a narrativa e estética escolhidas podem favorecer uma atitude lúdica como também pode apresentar algumas barreiras para os estudantes. Enquanto o segundo parâmetro nos possibilitou entender como a tecnologia escolhida e a interação desta com os estudantes pode agir quanto aos participantes da atividade, favorecendo uma responsabilidade lúdica ou não em sala de aula.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram organizados em dois momentos, de acordo com os parâmetros de avaliação do jogo. O primeiro momento está relacionado ao primeiro padrão – as regras – enquanto o segundo momento se refere ao parâmetro da intencionalidade lúdica.

Regras explícitas e implícitas

A análise das potencialidades do jogo deve vir a partir de sua mecânica, pois está permeia o núcleo central de interação com o jogador. Para Schell (2008), as regras são descritas como a mecânica mais fundamental de um jogo, sendo estas as que definem o espaço, objetos, ações, consequências, restrições e objetivos do jogo.

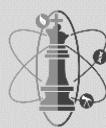
As regras do jogo “Alquímica” são explícitas, que de acordo com Soares (2023) são aquelas autodeclaradas e consensuais de um jogo, pois estão descritas em um documento escrito. Entretanto, assim como apresentado por Schell (2008), as regras explícitas declaradas mesmo sendo fundamentais não precisam, necessariamente, da leitura de todos os jogadores, podendo ser explicada por outro jogador para simplificar o processo.

O documento onde estão presentes as regras de “Alquímica” podem ser vistas no ANEXO 2². De acordo com as regras, observa-se que há a apresentação da narrativa e objetivo de um ponto de vista narrativo. Somente após essa etapa é que se começa a ser apresentado os termos no jogo e um pequeno começo a respeito da mecânica do jogo sobre a distribuição das cartas inicialmente.

Em seguida, é apresentado o funcionamento do jogo por meio de turnos em que ocorrem determinadas ações e, então, inicia-se um novo turno. As ações identificadas são:

- Troca de recursos;

² Link para as regras do jogo (ANEXO 2): <https://drive.google.com/file/d/1Uo2RQXpzeVUPtFn18II1QoAbYGYKpNC/view?usp=sharing>



- Ganho de recurso aleatório;
- Recursos compartilhados são adicionados;
- Reação química.

A palavra recurso usada aqui é para referenciar os elementos manipuláveis no jogo, como as cartas e as fichas. Tem-se a Troca de recurso como uma espécie de investimento que os jogadores podem realizar, pois trocam a estrela alquímica, que é o objetivo do jogo, por elementos que apresentam potencial para gerar mais estrelas alquímicas. O Ganho de recurso aleatório acontece quando os jogadores compram cartas de uma lista definida de categorias (Apresentado nas regras). Recursos compartilhados são o que os jogadores podem utilizar da mesa, vindos do Alquimista. Por último, reação química é a ação reacional descrita no manual, sendo a reação química entre os elementos escolhidos pelos jogadores.

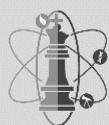
Este formato de ações define o jogo como um jogo competitivo, em que se elabora estratégias para manejar os recursos de forma a conseguir as nove estrelas alquímicas de maneira mais eficiente possível, necessitando principalmente de habilidades mentais dos jogadores.

Segundo Schell (2008), as habilidades mentais podem ser de memória, observação, solução de quebra cabeças e tomadas de decisão, que se mantém pareado tanto com o nível de habilidade do jogador quanto com o desafio de imersão ao jogo. Além disso, o jogo possui uma infinidade de formas de ocorrer, visto que os recursos são obtidos de forma aleatória em sua maioria. Schell (2008) descreve estas incertezas como uma parte essencial de um jogo divertido, pois geram surpresas que geram prazer.

Os elementos nas regras, que envolvem a mecânica do jogo e sua relação com o divertimento, estão presentes para que se possa apresentar um jogo e não uma atividade pedagógica qualquer, pois Soares (2023) destaca que um jogo deve primar pela diversão, caso contrário, ele não passa de um material didático como qualquer outro.

Assim, diante das regras apresentadas até agora, pode-se afirmar que são suficientes para se atingir uma atitude lúdica inicial, sendo aquela que convida a participar, que envolve voluntariamente e se sente capaz de seguir as regras atentamente, desafiando a atenção e se envolvendo na Educação Química (SOARES, 2023).

Entretanto, para que os jogadores consigam se engajar nas mecânicas apresentadas e se emergirem dentro da fantasia apresentada pela estética e narrativa, devem entender o mínimo das regras. Para além das regras explícitas, é necessário ter entendimento de regras implícitas, que de acordo com Soares (2023), são as habilidades mínimas necessárias que se deve ter para conseguir jogar o jogo. Para analisar as regras implícitas, deve-se ter um entendimento mínimo de o que é o objeto do jogo e o que estes representam, no caso as cartas e fichas. Estas podem ser vistas na Figura 7 e 11:



Bases	Ácidos	Instrumentos	Metais	Minerais	Óxidos	Sais
HEPOXIDO DE SÓDIO NaOH 	ÁCIDO CLORÍDICO HCl 	CONTROLE DE TEMPERATURA 	CORRE Cu 	DOLONITA <chem>CaCO3.MgCO3</chem> <chem>CaSO4 / MgO / CaO</chem>	ÓXIDO DE ALUMÍNIO Al2O3 	CLORETO DE BARIÚS BeCl2

Figura 11: Tipos de cartas do jogo Alquímica. Fonte: Os autores.

Nas regras do jogo Alquímica, disponíveis no ANEXO 2³, é explicitado que o jogo apresenta diferentes tipos de cartas, sendo cada categoria de carta representada por um símbolo específico (Figura 12). Entretanto, como dito anteriormente, é necessário que os jogadores tenham o domínio implícito dessas informações para que possam emergir dentro do jogo.

Base	Ácido	Instrumento	Metal	Mineral	Óxido	Sal	Agente redutor

Figura 12: Tipos de cartas do jogo Alquímica. Fonte: Os autores.

Ao analisar o entendimento mínimo necessário, identifica-se que os estudantes precisam entender os conceitos de mineral, metal, ácido, base, óxido, sal e agente redutor, apenas através da observação de seu nome. Pode-se inferir, então, que ter o domínio dos conceitos relacionados às categorias das cartas se aproxima de uma regra implícita para que se possa jogar o jogo. De acordo com Soares (2013), as regras implícitas são as habilidades mínimas necessárias que se deve ter para conseguir jogar o jogo. Ou seja, é necessário o conhecimento dos conceitos por trás das palavras que descrevem cada tipo de carta, embora não um conhecimento aprofundado, mas suficiente para que se possa diferenciar o que seria cada um apenas lendo o nome da categoria.

Visto isso entende-se que o jogo apresenta uma barreira de entrada, entretanto não é tão complexa, pois mesmo sendo necessário o conhecimento dos termos das categorias, não se precisa de um conhecimento aprofundado sobre elas. Logo, avalia-se que são necessárias poucas habilidades mínimas para que se possa iniciar a jogatina, após a leitura do manual de regras.

No entanto, o mesmo não pode ser observado para o alquimista, pois este não agirá como um simples participante do jogo, mas sim como o mecanismo do jogo, apresentando os resultados das reações, virando cartas e orientando os jogadores em trocas de recursos (Regra presente no ANEXO 2).⁴ Para realizar este papel, como mecanismo do jogo, é necessário conhecer tanto o que significa cada

³ Link para as regras do jogo (ANEXO 2): <https://drive.google.com/file/d/1Uo2RQXpzeVUPtFn18II1QoAbYGYKpNC/view?usp=sharing>

⁴ Link para as regras do jogo (ANEXO 2): <https://drive.google.com/file/d/1Uo2RQXpzeVUPtFn18II1QoAbYGYKpNC/view?usp=sharing>



categoria, como também a forma que estas interagem. Um exemplo disso seria um aprendiz realizando a reação entre um ácido e uma base, o alquimista mesmo tendo um material contendo todos os resultados possíveis de reações presentes no jogo, demoraria para encontrar os produtos que necessita fornecer para os aprendizes, pois necessitaria de um tempo maior para entender o que está ocorrendo, para então, buscar no material de consulta os produtos desta reação.

Schell (2008) discute que para que o jogo mantenha o foco dos jogadores é necessário um feedback veloz das ações realizadas por eles. Ou seja, caso o alquimista não apresente o nível de habilidade necessário para entender o que está ocorrendo, interromperá o fluxo do jogo, tornando este mais chato e possibilitando a perda da atitude lúdica dos estudantes.

Além disso, o alquimista precisa entender o contexto histórico envolvido nas reações históricas presentes no manual dos aprendizes. Isso porque, sem estes conhecimentos, pode-se afetar a experiência tida pelos jogadores aprendizes, pois caso realizem a reação histórica, mesmo sabendo que se trata de uma reação realizada na história atual, de nada significa se esta não for ao menos descrita pelo alquimista. Assim, destaca-se que o papel de alquimista deve ser assumido pelo professor que trabalhará com o jogo, que possui um domínio maior dos conhecimentos químicos e que evitará esta barreira de entrada aos demais jogadores. Também se assume a possibilidade de um aluno, após participar de muitas sessões do jogo “Alquímica”, conseguir realizar o papel de alquimista dentro do jogo.

Intencionalidade lúdica

A interação do jogo com o jogador inicia a partir da tecnologia escolhida e como se relaciona com o jogador. Schell (2008) define a tecnologia como o meio que permite a interação com o jogador, proibindo e permitindo certas mecânicas e o meio pela qual a estética se apresenta. Entende-se que a tecnologia utilizada no jogo são as cartas, fichas e papéis apresentados anteriormente, assim como o próprio Alquimista pois este trabalha como mecanismo do jogo.

As mecânicas que foram discutidas anteriormente têm a intenção de apresentar as reações químicas por meio de reações de obtenção das substâncias mais simples dos elementos químicos e as dificuldades que este processo pode apresentar. Essa intenção pode ser observada quando os aprendizes, a partir do manual contendo apenas as categorias necessárias, precisam realizar a reação química utilizando das cartas para a representação. Avalia-se que neste processo, os jogadores ainda terão de elaborar estratégias de controle de recursos para conseguir alcançar este objetivo. Mesmo a mecânica de aleatoriedade sendo algo que pode dar prazer aos jogadores, caso não bem dosada, pode também apresentar frustrações aos jogadores. Quanto a isso, Schell (2008, p. 169) faz a seguinte analogia: “O risco e a aleatoriedade são como temperos. Um jogo sem qualquer indício destes pode ser completamente fraco, mas se for usado demais pode destruir todo o jogo. Porém, se utilizado da maneira certa, pode realçar tudo presente”.



Tendo isso em consideração, observa-se que o jogo tem a possibilidade da compra de recursos na loja, troca de reagentes por estrelas e garantia que certos recursos estejam disponíveis aos jogadores, como os elementos especiais, minerais e condições que veem de forma garantida na mesa após certos turnos. Além disto, o Alquimista em jogo pode adicionar elementos e condições caso ache necessário para que o jogo ocorra de forma mais suave, pois como a tecnologia utilizada tem como mecanismo o próprio Alquimista.

Pode-se aproveitar disso para trabalhar suas intenções dentro do jogo, como encaminhar o jogo a uma gama muito alta de ácidos disponíveis para os aprendizes usar, ou muitos sais caso queira trabalhar diferentes reações com sais, isto podendo ser feito com qualquer categoria dos elementos (Substratos) descrito nas regras. Isto pode ocorrer dentro das regras, pois apresenta que o Alquimista precisa virar elementos na Bancada do alquimista em determinados momentos. Entretanto, não é obrigatório virar cartas de forma aleatória, mesmo podendo quando não tem a intenção de encaminhar o jogo em uma classe de reações específicas, este pode manipular os elementos iniciais adicionados na Bancada do Alquimista, como também os elementos da loja. No entanto, mesmo o Alquimista direcionando os elementos adicionados como recurso compartilhado e na loja, este não pode interferir na compra aleatória de recurso, elemento substrato e equipamentos, fazendo com que mesmo com a direção do Alquimista, o jogo continue tendo interatividade, não perdendo a variabilidade estratégia dos estudantes, mantendo assim sua diversão, logo mantendo o caráter de jogo.

Quanto aos conhecimentos sobre os aspectos históricos do jogo, eles são apresentados aos estudantes por meio da estética e das reações históricas, que são o principal objetivo do jogo. As histórias por trás das reações de isolamento/obtenção realizadas vão sendo liberadas conforme os jogadores conseguem realizar as reações corretamente, como apresentado nas regras no ANEXO 2⁵. Esta narração é feita pelo alquimista da seguinte forma, considerando que um aprendiz realizou o isolamento de hidrogênio através de uma reação histórica:

“A... o ar inflamável Henry Cavendish o nomeou assim, devido a forma como este interagia com a chama, lembro de sua incrível demonstração para Royal Society de Londres, onde este acendia uma faísca em um local contendo o gás e então *Foosh* se via gotículas de água. Foi aí que Lavoisier trouxe o nome de Hidrogênio, como aquele que gera água, admito que foi uma escolha espetacular de nome”.

Esta fala do alquimista tem como intenção tanto emergir os estudantes na narrativa do jogo, trabalhando a ideia do alquimista eterno, como também apresentar um pequeno recorte de o que ocorreu para sua descoberta ou após sua descoberta. Isto pode se caracterizar como um aspecto para despertar o ludismo nos participantes, sendo este proporcional ao engajamento no jogo proposto. Para

⁵ Link para as regras do jogo (ANEXO 2): <https://drive.google.com/file/d/1Uo2RQXpzeVUPtFn18II1QoAbYGYKpNC/view?usp=sharing>



Soares (2023), o ludismo é a própria atitude lúdica, cujos participantes se propõem a diversão, além de utilizar esta diversão como um dos aspectos de sua vivência.

Os aspectos ligados à estética do jogo, como os símbolos, também apresentam a intenção de imergir os jogadores na narrativa do jogo, aproximando da atitude lúdica dentro da partida e avançando para a responsabilidade lúdica. Entretanto, esses aspectos não necessariamente despertaram a vontade em si, visto que o entendimento dos símbolos depende do entendimento quanto a história da química, sendo assim um fator relativo ao conhecimento dos estudantes.

Ao utilizar do jogo após uma aula histórica relatando os simbolismos da alquimia, tem-se uma jogatina mais imersiva, pois pode apresentar para os alunos a época em que o jogo se passa, sem necessitar da exposição falada, ou escrita, aumentando sua imersão e a possibilidade dos estudantes participantes do jogo criarem uma responsabilidade lúdica, tornando todos presentes no jogo responsáveis pelo processo de ensino e aprendizagem (SOARES, 2023).

Este tipo de jogo apresentado entra então dentro do nível de interação II descrito por Soares (2023), em que se tem a utilização de atividades lúdicas por competição entre vários estudantes, como um objetivo comum a todos. Esta competição tem um sentido lúdico, sendo os adversários não inimigos, mas sim participantes da atividade. Alguns elementos postos no jogo influenciam para que a competição ocorra de forma amistosa, como as histórias sendo apresentadas para todos quando temos uma reação histórica, e a livre observação das ações dos aprendizes, onde todos compartilham a bancada do alquimista que estará ocorrendo as reações, fazendo com que quando um aprendiz realize uma reação, o próximo a iniciar sua ação terá aprendido algo com a ação do aprendiz passado. Isso, claro, não é uma vantagem clara para os que jogam por último, pois aqueles que iniciam podem utilizar qualquer dos reagentes compartilhados na bancada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O jogo “Alquímica” apresenta alguns elementos de ludicidade dentro de sua composição de regras. Destaca-se a diversidade de estratégias para se jogar, elementos aleatórios, manejo de recursos, mesmo que para que o jogo se desenvolva se tenha algumas barreiras como: entendimento dos conceitos presentes nas categorias das cartas e o alquimista, condutor do jogo, ter conhecimentos necessários para que se possa ter o início do jogo, pois este faz parte do mecanismo do jogo.

Além disto, para que a ludicidade do jogo seja completamente apresentada, tendo então a imersão maior dos estudantes, necessita do entendimento dos aprendizes a respeito de alguns elementos históricos dos símbolos alquímicos e das reações realizadas ao longo do avanço científico.

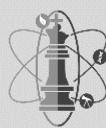
Assim entende-se que o jogo possui potencialidades para se desenvolver o ludismo devido às técnicas empregadas em sua criação. Exemplo disso, é a estética presente no jogo que os inspiram a participar da atividade a partir de competitividade amistosa entre os estudantes. Quanto às limitações,



aponta-se o desafio no entendimento dos aspectos históricos por trás das reações realizadas e o mecanismo humano (Alquimista) que pode dificultar o fluxo do jogo caso este não esteja bem preparado.

REFERÊNCIAS

- CUNHA, M. B. Jogos no Ensino de Química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v.34, n.2, p. 92-98, 2012.
- FELÍCIO, C. M; Soares, M. H. F. B. Da intencionalidade à responsabilidade lúdica: novos termos para uma reflexão sobre o uso de jogos no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 160-168, 2018.
- GARCEZ, E. S. C. **O lúdico em ensino de Química**: um estudo do estado da arte. 2014. 142 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.
- HUIZINGA, J. **Homo ludens**: O jogo como elemento da cultura. São Paulo: Perspectiva, 2000.
- KISHIMOTO, T. M. **O jogo e a educação infantil**. São Paulo: Pioneira, 1994.
- KISHIMOTO, T. M. O jogo e a educação infantil. In: KISHIMOTO, T. M. (Org). **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. 4. ed. São Paulo: Cortez editora, 1996. p. 46-63.
- KUMAR, D. D. Computer applications in balancing chemical equations. **Journal of Science Education and Technology**, v. 10, n. 4, p. 347-350, 2001.
- MCFADDEN, J.; ELLIS, J.; ANWAR, T.; ROEHREIG, G. Beginning science teachers' use of a digital video annotation tool to promote reflective practices. **Journal of Science Education and Technology**, v. 23, n. 3, p. 458-470, 2013.
- MENDES, A. P.; SANTANA, G. P.; PESSOA JÚNIOR, E. S. F. O uso do software PHET como ferramenta para o ensino de balanceamento de reação química. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências (Areté)**, Manaus, v. 8, n. 16, p. 52-60, 2015
- MICKLOS LEWIS, A. L.; BODNER, G. M. Chemical reactions: what understanding do students with blindness develop? **Chemistry Education Research and Practice**, v.14, n.4, p. 625-636, 2013.
- MINAYO, M. C. de S. Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 3, p. 621-626, mar. 2012.
- NAAH, B. M.; SANGER, M. J. Student misconceptions in writing balanced equations for dissolving ionic compounds in water. **Chemistry Education Research and Practice**, v.13, n.3, p. 186-194, 2012.
- PRADO, L. Educação lúdica: os jogos de tabuleiro modernos como ferramenta pedagógica. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, Foz do Iguaçu, v. 2, n. 2, p. 26-38, 2019.
- SANGER, M. J. Evaluating students' conceptual understanding of balanced equations and stoichiometric ratios using a particulate drawing. **Journal of Chemical Education**, Madison, v. 82, n. 1, p. 131-134, 2005.
- SANTOS, K. J. S. dos; MAZZÉ, F. M. Jogo didático digital sobre reações químicas. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, v. 8, n. 26, p. 529-545, 2022.
- SOARES, M. H. F. B. **Jogos e atividades lúdicas para o ensino de Química**. Goiânia: Editora Kelps, 2013.
- SOARES, M. H. F. B. Jogos e atividades lúdicas no Ensino de Química: uma discussão teórica necessária para novos avanços. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 2, n. 2, p. 5-13, 2016.
- SCHELL, J. **The art of game design**: a book of lenses. Burlington: CRC. Press, 2008.
- YITBAREK, S. Chemical reaction: diagnosis and towards remedy of misconceptions. **AJCE**, v. 1, p. 10-28, 2011.



Link para acesso aos materiais do jogo:

https://drive.google.com/drive/folders/1Oku_Q_wgtrd59nGhOIJiyw71RKvbrwKK



RESUMEN: Este trabajo se realizó con el objetivo de analizar el potencial y las limitaciones del juego "Alquímica", creado con la intención de enseñar el concepto de reacciones químicas con un enfoque histórico. El juego se diseñó en línea con los juegos de mesa modernos, aumentando los elementos de decisión y estrategia y reduciendo los elementos de suerte. Fue utilizado los principios de la tétrada elemental (mecánica, estética, historia y tecnología) para producir el juego, pensando en un juego educativo mientras se llevaba a cabo este proceso. Para analizar el potencial y las limitaciones, se utilizaron dos patrones desde una perspectiva cualitativa: (i) reglas implícitas y explícitas, (ii) intencionalidad lúdica. El primer patrón muestra cómo la estructura mecánica del juego, la narrativa y la estética elegidas pudieron favorecer una actitud lúdica. No obstante, la decisión de quién será el alquimista (el conductor del juego) presenta algunas barreras de juego para los alumnos. El segundo parámetro nos permitió comprender cómo la tecnología elegida y las intenciones de enseñanza de la química en las reglas actúan sobre la interacción de estos elementos con los alumnos. Por lo tanto, la evaluación del juego muestra su potencialidad para el desarrollo del ludismo por la presencia del elemento estética que inspira la participación. Sin embargo, los aspectos históricos por detrás de las reacciones realizadas son limitaciones que dificultan el flujo del juego

Palabras clave: Design de juegos; Historia de la química; Reacciones químicas.