

**“BINGO! FOI UM ASSASSINATO!”
A QUÍMICA FORENSE COMO PROPOSTA DE GAMIFICAÇÃO**

**“BINGO! IT WAS A MURDER!”
FORENSIC CHEMISTRY AS A GAMIFICATION PROPOSAL**

**“BINGO! FOI UM ASSASSINATO!”
A QUÍMICA FORENSE COMO PROPOSTA DE GAMIFICAÇÃO**

Karolayne Alves Lopes¹
Fabiana Gomes²

Resumo: A rápida interação social e a presença constante da tecnologia em nossas vidas têm influenciado as formas de ensinar e de aprender, exigindo dos professores e professoras uma abordagem inovadora na utilização das tecnologias. Com o intuito de atender às necessidades de um ensino mais acelerado e atualizado, o presente projeto teve como objetivo desenvolver um jogo baseado em enigmas criminais e utilizá-lo como metodologia de ensino auxiliar na compreensão dos conteúdos relacionados às reações químicas. O jogo foi aplicado a alunos do curso técnico em química do IFG e contém cinco fases, sendo quatro realizadas com recursos digitais e uma em laboratório de química. Áudios e anotações dos alunos foram coletados e analisados à luz da Análise de Conteúdo. Ao integrar o jogo com o conteúdo de reações químicas e a aplicação na química forense, o trabalho forneceu aos alunos uma experiência prática e interativa, permitindo-lhes explorar conceitos científicos de forma lúdica, o que contribuiu para uma maior motivação, interesse e curiosidade, elementos necessários para a aprendizagem efetiva.

Palavras-chaves: Química forense, Investigação, Enigma, Tecnologia, Ensino.

Abstract: Rapid social interaction and the constant presence of technology in our lives have influenced the ways of teaching and learning, requiring teachers to take an innovative approach to using technology. In order to meet the needs of more accelerated and updated teaching, this project aimed to develop a game based on criminal riddles and use it as a teaching methodology to help understand content related to chemical reactions. The game was applied to students on the technical chemistry course at IFG and contains five phases, four of which were carried out with digital resources and one in a chemistry laboratory. Student audios and notes were collected and analyzed using Content Analysis. By integrating the game with the content of chemical reactions and application in forensic chemistry, the work provided students with a practical and interactive experience, allowing them to explore scientific concepts in a playful way, which contributed to greater motivation, interest and curiosity, which are elements necessary for effective learning.

Key-words: Forensic Chemistry, Investigation, Enigma, Technology, Teaching.

Resumen: La rápida interacción social y la presencia constante de la tecnología en nuestras vidas han influido en las formas de enseñar y aprender, requiriendo que los docentes adopten un enfoque innovador en el uso de la tecnología. Con el fin de satisfacer las necesidades de una enseñanza más acelerada y actualizada, este proyecto tuvo como objetivo desarrollar un juego basado en adivinanzas criminales y

¹ Discente do curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Goiás, Campus Uruaçu. Bolsista do programa Residência Pedagógica. E-mail: karolayne146@gmail.com.

² Docente do Instituto Federal de Goiás, Campus Goiânia. Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina – UEL e membro do Núcleo de Pesquisa ENCIEM. E-mail: fabiana.gomes@ifg.edu.br.

utilizarlo como metodología didáctica para ayudar a comprender contenidos relacionados con reacciones químicas. El juego fue aplicado a estudiantes de la carrera técnica de química del IFG y contiene cinco fases, cuatro de las cuales se realizaron con recursos digitales y una en un laboratorio de química. Los audios y notas de los estudiantes se recopilaron y analizaron mediante Análisis de Contenido. Al integrar el juego con el contenido de reacciones químicas y su aplicación en química forense, el trabajo brindó a los estudiantes una experiencia práctica e interactiva, permitiéndoles explorar conceptos científicos de forma lúdica, lo que contribuyó a una mayor motivación, interés y curiosidad, elementos necesarios para un aprendizaje efectivo.

Palabras clave: Química Forense, Investigación, Enigma, Tecnología, Docencia.

INTRODUÇÃO

Quem ainda não se deparou com situações enigmáticas ou que tiveram relações com investigação? Sejam elas apresentadas em séries e filmes, como CSI (*Crime Scene Investigation*), ou por outros meios midiáticos (SILVA; ROSA, 2013; CHEMELLO, 2006). Dentre tantos enigmas presentes no dia a dia das pessoas, acaba-se criando certo interesse em resolver mistérios, e isso faz com que se busquem respostas e explicações em assuntos pouco discutidos. Os questionamentos levantados movimentam as descobertas, com etapas desafiadoras, semelhantes a um jogo.

A educação se apropriou dos jogos numa tentativa de aliar o lúdico ao pedagógico e, assim, atender disciplinas e metodologias ditas abstratas, desinteressantes e difíceis de serem compreendidas (SOARES, 2015). Na educação química não é incomum encontrarmos trabalhos e pesquisas afirmando que a disciplina é rotulada de chata e complicada, o que a torna grande aliada dos jogos educativos (CASTRO; COSTA, 2011). Estudos sobre o ensino de química tentam discutir como o professor pode tornar suas aulas mais interessantes e motivadoras, minimizando dessa forma o abandono e o descaso pela disciplina. Para Pozo (2002, p. 132), “[...] normalmente, não é que não estejam motivados, que não se movam em absoluto, mas sim que se movam para coisas diferentes e em direções diferentes das que pretendem seus professores”, e este cenário pode levar o estudante à evasão escolar, um problema constante na educação.

Para Kishimoto (1996, p. 37), “[...] a utilização do jogo potencializa a exploração e a construção do conhecimento, por contar com a motivação interna típica do lúdico”. Autores como Castro e Costa (2011), que possuem pesquisas na área de Educação, concordam com Kishimoto em relação à utilização de jogos na sala de aula, como modo de ampliar os conhecimentos dos alunos. Ainda para esta autora, as atividades lúdicas dão incremento ao desenvolvimento pessoal e sociocultural do indivíduo, além de revivificar os processos de

ensino e aprendizagem, tornando-os mais ricos e significativos, mostrando-se fundamentais no desenvolvimento e na educação (KISHIMOTO, 2003).

Saber usar o jogo como metodologia lúdica é fundamental para o processo de ensino e aprendizagem. No entanto, é necessário compreender a dinâmica da jogabilidade para, assim, relacioná-la ao conteúdo planejado, pois, dessa forma, o jogo fará sentido e o conteúdo compreensível. Para citar um exemplo, pode-se inserir os conteúdos de reações químicas na resolução de um enigma criminal, o que poderá instigar e auxiliar o aluno a pesquisar sobre o tema e estudá-lo de forma mais detalhada. Espera-se, assim, que esse método de ensino lúdico, em que o próprio aluno busque entender como usar a química para resolver o caso, o ajude a compreender que a química pode ser associada a várias áreas do saber, inclusive na investigação de um crime.

Segundo Branco *et al* (2005, p. X-XI), “A Química Forense pode ser definida como a ciência que se encarrega da análise, classificação e determinação de elementos ou substâncias encontradas nos locais de averiguação ou ocorrência de um delito ou que podem estar relacionadas a este”. Ela pode abranger as técnicas de revelação digital, conhecida como datiloscopia (CHEMELLO, 2006), as técnicas de caracterização de armas e munições, a balística (CHEMELLO, 2007a), as técnicas de estudo do sangue, a serologia (CHEMELLO, 2007b), para citar apenas três.

A partir dessa premissa e justificando a necessidade de utilização de recursos didáticos variados no ensino de química, a fim de promover uma aprendizagem mais participativa e o olhar crítico do docente ao analisar, produzir e inserir esses materiais em suas aulas, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um enigma criminal e usá-lo como uma metodologia ativa de ensino para a compreensão dos conteúdos de reações químicas.

PERCURSO METODOLÓGICO

Este artigo apresenta resultados de uma pesquisa de conclusão de curso, de abordagem qualitativa do tipo intervenção pedagógica, aplicada na área do ensino de química. As pesquisas do tipo intervenção pedagógica são aplicadas às situações que envolvem o ensino e a aprendizagem, ou seja, têm como finalidade contribuir para a solução de problemas práticos (DAMIANI, *et al.* 2013). Elas se opõem às pesquisas básicas, que objetivam ampliar conhecimentos, sem preocupação com seus possíveis benefícios práticos (GIL, 2010). A importância da pesquisa aplicada é apontada por Robson (1995, p. 2), que a denomina “pesquisas no mundo real”, por serem realizadas sobre e com pessoas, fora do ambiente

protegido de um laboratório, em alusão aos controlados experimentos de bancada.

Após o levantamento e a análise bibliográfica, etapas inerentes a qualquer tipo de pesquisa acadêmica, foi criado o enigma criminal se pautando na química forense e aos principais conceitos associados ao conteúdo de reações químicas. O foco foi criar algo que chamasse a atenção do aluno e que o ajudasse na compreensão dos conteúdos relacionados a esta temática, dando a ele certa autonomia para estudar. O enigma foi aplicado a 25 alunos da turma do Técnico em Química do Instituto Federal de Goiás, campus Uruaçu, durante o primeiro semestre de 2023, pela pesquisadora, que esteve presente em sala para auxiliar em todo o processo de jogabilidade. Os participantes foram agrupados em duplas e tiveram quatro aulas de 45 min. para completar os desafios. Os alunos resolveram o enigma com pesquisas feitas no material disponível no jogo, todos referentes ao uso das reações químicas na resolução de um caso criminal.

Na tentativa de coletar os principais resultados obtidos com o jogo de enigma criminal foram distribuídos diários de campo para que os alunos escrevessem suas percepções durante as etapas, deixando um *feedback* do que a ferramenta significou a eles. Esse instrumento foi usado como forma de coleta de dados para a aferição das informações junto aos comentários produzidos pelos próprios alunos recolhidos em gravações de áudio durante a pesquisa.

De posse dos diários de campo e das transcrições dos áudios gravados durante a aplicação, realizadas de modo manual, a análise dos dados inspirou-se na análise de conteúdo (BARDIN, 2011) a partir de eixos analíticos que emergiram dos escritos. A análise de conteúdo “ocupa-se de uma descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo extraído das comunicações e sua respectiva interpretação” (SANTOS, 2012, p. 384). As etapas que constituem a fase analítica são: a) pré-análise, onde se organiza o material que será investigado, o *corpus* do trabalho; b) a exploração do material, etapa para codificação e identificação das unidades de registro, levantamento de hipóteses e definição dos objetivos e c) tratamento dos resultados.

O *corpus* do trabalho, considerado para a fase da análise, contou com os áudios coletados durante o processo de jogabilidade em celulares próprios dos alunos, dos diários de campo e dos laudos preenchidos na etapa experimental. Cada áudio teve duração média de 1 h e foram encaminhados à pesquisadora logo após o encerramento das atividades para transcrição e análise. A participação dos alunos na pesquisa ocorreu após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visando o cumprimento das normas éticas e legais que regem a pesquisa científica.

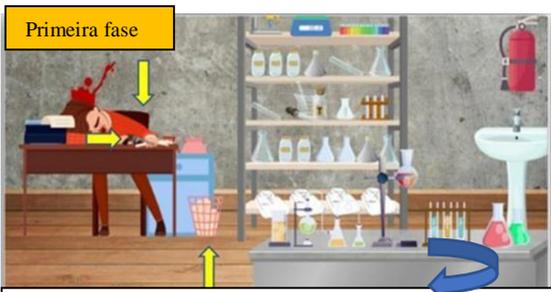
As unidades de registro surgiram da identificação de palavras e frases que emergiram da leitura do material. O código escolhido para cada unidade foi D1Au, D1L ou D1Dc, onde D refere-se à dupla, o número equivale à identificação dada à dupla e Au, para áudio, pois L está para laudo e D1Dc para diário de campo. Os códigos representando as falas dos alunos foram agrupados em duas categorias emergentes: a) relações com o conteúdo de reações químicas e b) relações com as técnicas forenses. Estas permitiram estabelecer generalizações, expostas nas considerações finais deste texto.

CRIAÇÃO DO JOGO DE ENIGMA

A primeira etapa da pesquisa foi a criação e a construção do jogo de enigmas criminais. Os conceitos foram revisados e optou-se por incluir os tipos de reações, o balanceamento químico e as técnicas de balística, de datiloscopia e de serologia. Para a elaboração do jogo foram usados os *sites* de criação de documentos e *designer* Canva, o *Google Docs*, o Formulário *Google* e o Invertexto para a criação de cada conteúdo dentro do jogo.

O jogo é composto por cinco fases. As quatro primeiras fases são constituídas por documentos pertencentes ao desafio feito, tais como, o relatório do detetive do caso, relatório de análises periciais como a balística, vídeos, imagens, códigos (Fig. 1) e a última fase, experimental, desenvolvida no laboratório de química da Instituição.

Figura 1. Apresentação das fases do jogo com os materiais que as compõem.



Primeira fase

A vítima de um possível crime, um cientista que está debruçado sobre uma mesa de escritório segurando uma arma de fogo com a mão direita. Atrás dele, há uma mancha grande de sangue no alto da parede indicando que o tiro ocorreu em sua cabeça, podendo insinuar que o mesmo tenha cometido suicídio. O cenário representa um laboratório por conter estante com diversas vidrarias e reagentes, logo ao lado da mesa em primeiro plano da imagem, alguns experimentos montados com aparatos próprios da química.

Segunda fase

RELATÓRIO

Detetive Max Willis

HISTÓRICO:
No dia 28 de março de 2023 foi convocada para mais um caso de investigação criminal. As primeiras informações que recebemos dizem que a vítima era um químico do Laboratório Desenvolvimento e Pesquisa da Instituição Moldado e Nando. Aparentemente a vítima tinha por volta dos 37 anos, altura de 1,80m, peso de aproximadamente 80 kg e brancos. As primeiras impressões, segundo relatos dos policiais que receberam a denúncia e verificaram o local, é que este seja um caso de suicídio, mas isso quem vai nos dizer é a ciência e a química forense.

MEMBROS DO GRUPO:
Muito importantes no levantamento de informações para este caso teve que tomar um cuidado especial com isso, pois não é possível saber se foi necessário para que alguém possa chegar ao local e investigar.

PRIMEIRO PASSO:
A primeira coisa a se fazer é voltar ao local do crime e investigar cada detalhe. Com isso devemos entender como a cena do crime e a vítima "falou" com os detetives e conta toda a história.

HIPÓTESE:
O caso foi encerrado somente em uma cabeça de investigação, porém a cena do crime, a vítima estava com um tiro na cabeça, não especificamente próximo da cabeça. Foi necessário investigar a cena, pois se trata de um possível crime de homicídio. Portanto, concluiu-se: Homicídio.

A cena do crime
Como já foi dito, a primeira parte a visitar a cena do crime. A cena desta investigação, um laboratório, então o cuidado deve ser dobrado, tanto que verificar todos os itens presentes, desde os líquidos, bispoques, salinas, seringas, materiais, reagentes, tudo isso a fim de garantir o rastreamento que não seja perdido o detetive do caso.

A QUÍMICA FORENSE
A química forense é uma área interdisciplinar que envolve física, biologia, química, matemática, dentre outras ciências, com o objetivo de dar suporte às investigações relativas à justiça civil e criminal. Segundo Saferstein (2001), a química forense é a ciência que aplica os princípios da química para a investigação de crimes.

MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO CRIMINAL

A ciência forense pode ser aplicada em várias situações como, por exemplo, constatação de substâncias entorpecentes, como maconha e cocaína, ablação de veículos, fabricação de produtos, fraudes, falsificações e crimes contra a vida.

Após que concluímos um pouco sobre química forense, vamos a nossa cena do crime.

ATENÇÃO!
Alguns documentos vão estar criptografados para a segurança do caso.

Referências Bibliográficas
SILVA, Priscila Sabino da; ROSA, Maurício Ferreira da. Utilização da ciência forense de sorrieda CN no âmbito de Química. R. Bras. de Ensino de Quím. 2012.
SAFERSTEIN, Richard. Criminalística: An Introduction to Forensic Science. 7. ed. UpperSaddleRiver, New Jersey, EUA, 2001.

SENHA PARA SEGUNDA FASE
SUICIDIO

Os relatórios do detetive constituem a base de todo o jogo. Na primeira fase o relatório do detetive traz o início da história fictícia criada para o jogo (Histórico), a apresentação das principais hipóteses do detetive sobre o caso (Hipótese) e a apresentação conceitual de química forense e seus principais métodos investigativos.

Antes de entrarmos nos processos de investigação, devemos nos lembrar que um dos conteúdos base da química forense é reações químicas, a maioria dos métodos de investigação usa esse conteúdo para analisar as provas encontradas na cena criminal.

Uma reação química, também chamada de fenômeno químico, é o processo que envolve a mudança na transformação da matéria, alterando sua constituição em nível molecular. Observe, não é apenas uma mudança de estado. Ao sólido para líquido, de líquido para vapor, mas um rearranjo dos átomos.

Reação química: $A + B \rightleftharpoons C + D$
REAGENTES \rightleftharpoons PRODUTOS

Nas reações, há dois tipos de substâncias principais:
- os reagentes, que são os componentes orgânicos que se misturam e reagem entre si;
- os produtos, ou que resultam da reação, depois das transformações.

A massa total de uma reação química é constante. Os átomos não são criados nem destruídos.

Para que uma reação química aconteça, os reagentes precisam ter afinidade química. Por isso, nem toda reação ocorre.

algumas mais simples e outras de ordem mais complexas.

As evidências balísticas podem identificar o atirador pela arma, identificar a arma pelo projétil. O confronto balístico ajuda a identificar os projéteis encontrados na cena criminal, a pólvora do munição sobre a arma que se usou no crime, a distância do disparo e até mesmo os resíduos encontrados.

A pólvora pode apresentar-se queimada ou não e pode ser encontrada na cabeça, na arma ou no corpo ou vestes da vítima. O exame se faz através do exame do sarro, que permite verificar se o disparo foi feito com pólvora negra ou com pólvora pólvora. Posteriormente, observamos a aparência da pólvora microscópica e microscópica. A pólvora negra deixa no interior do caso abundante resíduos pretos, que podem ser encontrados em uma cor cinzenta esbranquiada, para depois tomar o aspecto amarelado da fogueira. A pólvora pólvora deixa pouco resíduo, de cor cinza escura, que não se altera e não se altera muito depois com a fogueira. Em seguida, se realiza o exame químico do sarro, no qual a parte interna do caso se torna objeto qualquer é lavado com água quente, sendo essa água de lavagem submetida à análise. O líquido é filtrado e sua reação é verificada com a fenolftaleína; a pólvora negra dá reação fortemente alcalina; a pólvora sem fumaça dá reação neutra. A análise mostrará, no caso da pólvora negra, a presença de sulfato, sulfato, fosfato, carbonato, fosfato, fosfato e também de carbonato e enxofre. Com relação à pólvora pólvora, encontramos nitrito e nitrito.

O relatório do detetive traz o desenrolar da história e, com isso, a inserção do conteúdo de reações químicas. Aqui é conceituado o que é uma reação química, os principais componentes de uma reação, questões introdutórias sobre balanceamento químico e as reações ácidas e básicas como método

RELATÓRIO

ATIVIDADE: Balística criminal NOME: Max Willis DATA: 16 de outubro de 2022

RESUMO
O presente documento trata das principais informações sobre a balística feita na arma encontrada na cena do crime.

MODELO DA ARMA
A arma é uma Smith & Wesson modelo 29, .44 Remington Magnum. A pistola encontrada é de alta potência e possui o cartucho de revólver mais eficiente que há. Ela é capaz de matar até mesmo um búfalo africano.

IMAGEM NA ÍNTEGRA

CONCLUSÕES	Exame de sarro para a comprovação do uso da arma citada no crime.
Para a comprovação de que se usou a arma encontrada para o ocorrido crime foi feito o exame do sarro. Foi coletado o corpo da vítima, no local do impacto da bala, resíduos deixados pela bala. Foi feita a lavagem do cano da arma encontrada no mesmo local. Os mesmos foram levados ao laboratório e analisados. As duas soluções, a primeira da lavagem do cano da arma encontrada no local, e a segunda dos resíduos encontrados na vítima, foram comparadas através do pH das soluções.	
A análise se encontra no arquivo MP4 anexado à pasta de investigação.	

uma solução _____, já que aqui o uso da fenolftaleína não indicou mudança de cor.

Texto Reflexivo

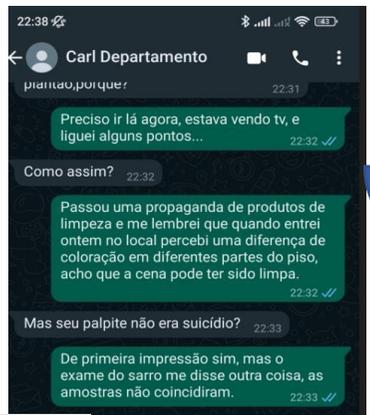
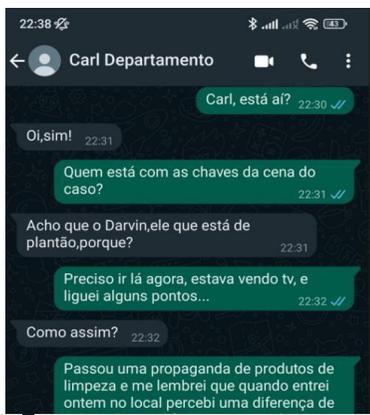
O vídeo sobre experimentação exemplifica o método de investigação balística exame do sarro. No vídeo aparecem dois béqueres em uma bancada com duas soluções diferentes: um com uma simulação de uma solução da lavagem do cano da arma e o outro com uma simulação de solução da lavagem dos vestígios encontrados na vítima. Com o uso de fenolftaleína é possível observar que a solução 1 ficou rosa por ser básica e a solução 2 não mudou de cor por ser neutra.

SENHA PARA TERCEIRA FASE
ASSASSINATO

Terceira fase



*Algo não faz sentido... O que deixei passar?
Não há sinais de luta... Era alguém de
confiança da vítima...
Não há arrastamentos... O assassino tinha
acesso ao laboratório...
O tiro foi preciso... sem tremulações
durante o disparo... Alguém com sorte...
Não, alguém experiente...
Porque não há rastros de sangue pelo o*



Nesta fase foi colocado uma conversa fictícia de bate-papo para explicar que a investigação estava mudando de cenário. Na conversa são justificadas as hipóteses do detetive e suas teorias sobre o caso, o levando a investigar por outros métodos da química forense.

RELATÓRIO

Detetive Max Wills

Às 23:47 pm do segundo dia de investigação foi feita uma análise em todo o ambiente isolado. A inspeção foi feita fora do horário comercial, sendo este o motivo da verificação ser simples e sem alguns equipamentos padrão. A análise feita teve como objetivo identificar se a cena criminal havia sido limpa, ou seja, se havia presença de sangue encoberto.

Exatidão de modo científico.

Algumas proteínas possuem uma porção não peptídica, denominada de grupo prostético, a qual está envolvida em funções biológicas das mesmas, como é caso da hemoglobina, que corresponde a um complexo hexacoordenado responsável pela condução de oxigênio aos tecidos do organismo. É composta por uma porção protéica, chamada globina, e quatro cadeias polipeptídicas ligadas a um grupamento prostético heme, contendo o átomo de ferro ligado ao sistema porfirólico, chamado de porfirina.

O ferro apresenta estado de oxidação ²⁺ (ferrohemoglobina, coloração vermelha), que sofre oxidação após estar exposto a uma série de processos degradativos, passando por hemídes e reações de oxirredução, catalisadas em um primeiro momento por enzimas de sua própria estrutura celular e, também, por aquelas presentes em microrganismos que se encontram no ambiente, passando para o estado de oxidação ³⁺ (ferritina, coloração marrom), ocorrendo a mudança de heme para hematina. Em 1985, Thornton e Maloney propuseram um mecanismo de reação do Luminol, no qual a hemina atua como catalisador, promovendo a oxidação do Luminol pelo peróxido de hidrogênio em solução alcalina. Nesse processo, os grupamentos heme contendo Fe²⁺ perdem mais um elétron e vão para um novo estado de oxidação, formando intermediários instáveis contendo Fe³⁺, que então catalisam sua oxidação, produzindo assim a quimioluminescência, enquanto são reduzidos novamente a Fe²⁺.

As manchas de sangue indicam que o (a) culpado (a) estava na bancada trabalhando, enquanto a vítima documentava uma pesquisa de autoria própria.

Na química há algumas classificações importantes das soluções que devemos considerar para identificar cada reação ocorrida.

Primeiramente é necessário fazer uma revisão sobre os tipos e classificações existentes das reações químicas:

Reações de precipitação: quando duas soluções são misturadas e um sólido é formado, o sólido é chamado de um precipitado.
Exemplo: $\text{NaCl}_{(aq)} + \text{AgNO}_{3(aq)} \rightarrow \text{AgCl}_{(s)} + \text{NaNO}_{3(aq)}$

Reações de neutralização: a neutralização ocorre quando uma solução de um ácido e a de uma base são misturadas.
Exemplo: $\text{HCl}_{(aq)} + \text{NaOH}_{(aq)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{NaCl}_{(aq)}$

Observe que forma-se um sal (NaCl) e água.

Foi então, encontrado além das manchas de sangue, pegadas. Essas pegadas têm um tamanho padrão de calçados nacionais 44. Isso indica que muito provavelmente a pessoa que procuramos seja do gênero masculino, já que na maioria dos casos, numerações de sapatos acima de 40 são usados por homens.

Como já foi dito, a reação química entre o luminol e a hemoglobina do sangue se trata de uma reação de oxirredução. Este termo se refere a classificação da reação ocorrida. Na química existe além das reações de oxirredução outras classificações, como, as reações de neutralização, precipitação e complexação.

CRIME SCENE DO NOT CROSS

Exemplo: $\text{Fe} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{H}_2 + \text{FeCl}_2$

Depois dessa breve revisão é possível analisar as vidrarias e soluções encontradas na bancada da cena criminal. Foram listadas as seguintes soluções químicas.

Classifique-as:

$\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

$\text{Ag}_{(aq)} + \text{Cl}_{(aq)} \rightarrow \text{AgCl}_{(s)}$

$2 \text{Na}_{(s)} + 3 \text{N}_{2(g)} \rightarrow 2 \text{Na}_{(s)}$

$2 \text{NaOH}_{(aq)} + \text{CuSO}_{4(aq)} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} + \text{Cu(OH)}_{2(s)}$

$\text{Zn}_{(s)} + 2 \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{ZnCl}_{2(aq)} + \text{H}_{2(g)}$

H wyppityh slayh é h xbl ptwyyah



No vídeo simulando identificação de manchas de sangue, é mostrado o que vem a ser o corredor e o banheiro do laboratório investigado. No início é representado um cenário limpo, sem nenhuma mancha, depois é aplicado o suposto luminol e com isso é gravado o mesmo corredor e banheiro com o auxílio de uma luz negra, revelando assim que estes locais estavam repletos de manchas de sangue e que o suposto assassino havia limpado tudo antes de sair.

SENHA PARA QUARTA FASE OXIRREDUÇÃO

O código que aparece ao final das últimas reações indica o desafio para a próxima fase, no laboratório do Instituto. Esse código pede que se classifiquem as reações a partir do conteúdo apresentado no relatório, ou seja, Neutralização – Síntese – Decomposição – Precipitação – Deslocamento (NSDPD). Ao encontrar a senha, o aluno recebe um envelope contendo as fichas dos suspeitos (Fingerprint) com informações sobre: profissão, altura, atuação no cargo, nacionalidade, número de estado civil e histórico profissional.

<p>Control: Evolução Anima</p> <p>FOUNDAÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO CIBRATA</p> <p>FICHA DE FUNCIONAMENTO</p> <p>NOME: JOEL SOUSA VIEIRA</p> <p>IDADE: 59 ANOS</p> <p>DATA DE NASCIMENTO: 31/01/1964</p> <p>SEXO: MASCULINO</p> <p>NACIONALIDADE: BRASILEIRA</p> <p>ATUAÇÃO: PESQUISADOR, PÓS GRADUADO EM QUÍMICA</p> <p>ALTIMETRIA: 1,78 cm</p> <p>PESO: 79 kg</p> <p>DESTRO: NÃO</p> <p>NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO: 687.002.45</p> <p>ESTADO CIVIL: VÍDUO</p> <p>TRABALHO: TRABALHADOR AGRÍCOLA</p> <p>TEMPO DE ATUAÇÃO: CASO DE FAZENDA</p>	<p>Control: Identificação Animal</p> <p>FOUNDAÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO CIBRATA</p> <p>FICHA DE FUNCIONAMENTO</p> <p>NOME: LEONARDO DOS SANTOS</p> <p>IDADE: 39 ANOS</p> <p>DATA DE NASCIMENTO: 16/02/1982</p> <p>SEXO: MASCULINO</p> <p>NACIONALIDADE: BRASILEIRA</p> <p>ATUAÇÃO: PESQUISADOR, PÓS GRADUADO EM QUÍMICA</p> <p>ALTIMETRIA: 1,88 cm</p> <p>PESO: 82 kg</p> <p>DESTRO: SIM</p> <p>NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO: 129.447.07</p> <p>ESTADO CIVIL: CASADO</p> <p>TRABALHO: HISTÓRICO PROFISSIONAL</p> <p>TEMPO DE ATUAÇÃO: GRADUADO EM QUÍMICA</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Cada fase do jogo é bloqueada por senha, onde a partir dos estudos feitos dentro do jogo e dos documentos lidos disponíveis no *game* é possível descobrir as palavras-chaves e desbloquear as fases. O sistema pensado para criar o jogo é o sistema de pastas com senhas. Esse sistema é criado a partir do programa de computador *WinRAR* encontrado nos diversos sistemas operacionais. Cada fase corresponde a uma pasta com senha e o objetivo principal é descobrir todas as senhas e desvendar o caso investigado.

O jogador é um membro do grupo de investigação, uma espécie de estagiário que irá acompanhar os passos de um detetive que narra os eventos e os anota em relatórios. Esse detetive foi denominado Max Wills. O jogo foi disponibilizado para acesso em um *site do Google*³, criado com o intuito de simular o canal de um departamento de investigações. No *site* está presente o *link* de acesso ao jogo, encontrado num anúncio para uma vaga de estágio como investigador do departamento fictício.

No arquivo da imagem da primeira fase (cena do crime) estão presentes três *links* que irão direcionar o jogador a três documentos diferentes (setas amarelas): um documento com um código binário, que decodificado traz questões reflexivas sobre a investigação⁴; um documento contendo uma imagem da suposta arma do crime⁵ e, por fim, um documento com uma imagem de contas atrasadas⁶.

Para passar para a segunda fase o jogador precisa inserir a senha SUICIDIO na caixa de acesso. A partir da leitura dos materiais, o jogador é direcionado ao documento de balística, trazendo informações sobre a arma encontrada na cena criminal, fazendo esta ligação entre as reações químicas e a química forense.

Em uma das pastas da fase há um vídeo sobre um experimento que tem como objetivo fazer o jogador observar o caráter ácido/básico das soluções de pH diferentes e com isso, levar a concluir que são lavagens de armas diferentes⁷. Após assistir ao vídeo, o jogador tem acesso a um formulário, a fim de coletar dados sobre o processo de

³Disponível em: https://sites.google.com/u/3/d/1bDnfzSRi4FjWix_GU1122FCuoJkJX3gc/preview. Acesso em: 27 jun. 2023.

⁴⁴Disponível em: https://docs.google.com/document/d/e/2PACX-1vQ_EIHjX980hHUy_ebOQcQYTyqQuFQCAWio4U1f8WCTISMaRYaoM5ff3Y3ILJmNbD LrCzCH10-tR4z/pub. Acesso em: 27 jun. 2023.

⁵⁵Disponível em: <https://docs.google.com/document/d/e/2PACX-1vR7KFX0N7lrqaEZwuNCr-AktkW3YVT8hRcTAU0IH2akgu6ZbW9rVy1-buHihDjXpvr83MULpv0yTBwd/pub>. Acesso em: 27 jun. 2023.

⁶⁶Disponível em: https://docs.google.com/document/d/e/2PACX-1vRU-ZuMpaZOv50npFig-7vuL-AMKFuqZEqnaadVLdMq2tJp-eUr9ikloVd7D71gZGE9rmWg_tTiIga/pub. Acesso em: 27 jun. 2023.

⁷⁷Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1LeMWlyz_V2LQqsvarQuv-cPo_bgI_baJ/view?ts=638d428d. Acesso em: 27 jun. 2023.

investigação, e um *link* que o leva a um pequeno texto reflexivo, que cria um vínculo entre o conteúdo apresentado no relatório do detetive e o vídeo⁵. Por fim, como último documento, a segunda fase apresenta um arquivo protegido por senha, a ser descoberta a partir dos documentos anteriores. Este documento traz um código criptografado que informa sobre uma pista importante da investigação.

Na fase 3 há 04 arquivos: bloco de anotações do detetive, conversas no *WhatsApp*, relatório do detetive e vídeo mostrando o uso do luminol em manchas de sangue⁸. Na fase 4 consta apenas o relatório do detetive usado para descrever os conteúdos que englobam os tipos de reações químicas e associá-los à cena do crime, em específico aos processos químicos encontrados na bancada do laboratório (Cena do crime). As imagens e nomes utilizados nas fichas foram criados por *sites* de inteligência artificial⁹.

A fase 5 ocorre no laboratório de química do Instituto onde os alunos, munidos de suas anotações e das fichas dos suspeitos, têm como objetivo identificar o assassino da narrativa. Para tal é disposto sob a bancada vidrarias como Becker e Erlenmeyer e papéis com a impressão digital dos suspeitos. Os alunos devem revelar as digitais e retirá-las da vidraria para compará-las às presentes nas fichas, seja por uso de grafite em pó ou por sublimação de iodo. Pelo fato do iodo passar do estado sólido para o gasoso a temperatura ambiente, suas moléculas se depositam na gordura deixada pelo dedo ao tocar o objeto (SANTOS *et al.*, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Relações com o conteúdo de reações químicas

Ao conduzir esta pesquisa e analisar a compreensão dos alunos durante o jogo através dos áudios gravados e demais dados, percepções significativas emergiram, revelando o potencial dessa metodologia de ensino. Primeiramente, foi notável observar como o jogo estimulou um aprendizado ativo e participativo dos alunos, colocando-os como protagonistas de sua própria jornada de aprendizagem. Através das dinâmicas interativas e desafios apresentados pelo jogo, os estudantes foram incentivados a aplicar os conceitos de reações químicas em contextos práticos do universo da ciência forense, o

⁸ Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/138SI2d5pbQRxJM1pRvFhKpI1DwwXc3us/view?usp=sharing>>. Acesso em: 27 jun. 2023.

⁹ Disponível em: <<https://generated.photos/faces> e <https://pt.fakenamegenerator.com/>>. Acesso em: 27 jun. 2023.

que pode resultar em uma compreensão mais efetiva e permanente do conteúdo.

Além disso, as interações sociais durante o jogo tiveram um papel dinâmico na aprendizagem. A colaboração em equipe foi fomentada, permitindo que os estudantes compartilhassem conhecimentos, discutissem estratégias e trabalhassem juntos para resolver o caso criminal proposto. Essa dimensão social do jogo não apenas fortaleceu a aprendizagem cooperativa, mas também criou um ambiente de apoio e encorajamento mútuo, o que se refletiu positivamente no engajamento e na motivação dos alunos. Essas primeiras percepções reforçam a ideia de que o uso de jogos educacionais pode ser uma abordagem válida para promover uma aprendizagem mais significativa, despertando o interesse dos alunos e capacitando-os a associarem os conhecimentos disciplinares com situações reais do mundo ao seu redor (GUZZO; PARREIRA; SILVEIRA, 2019).

Na primeira fase os alunos tinham acesso à cena do crime, ao relatório contendo informações iniciais e as hipóteses levantadas pelo detetive. A intenção foi levá-los a pensar, pela posição do corpo e da arma, que a vítima tivesse cometido suicídio, palavra chave para a próxima etapa. Ao adicionar as falas dos alunos, produzidas nos instantes iniciais do jogo, no site www.wordcloud.com foi possível criar uma nuvem de palavras e perceber que o termo SUICÍDIO e PÓLVORA foram os mais citados entre eles (Fig.2).

Figura 2. Nuvem de palavras criadas para identificar os termos mais citados na investigação da cena do crime.



Fonte: <https://classic.wordclouds.com/>

Além disso, durante a experiência de jogo, os alunos apresentaram notável habilidade na identificação das composições de elementos presentes em diferentes amostras, relacionando-as com os tipos de reações químicas envolvidas. A capacidade de reconhecer as características distintas de cada tipo de reação e vinculá-las a elementos específicos, como a pólvora, evidencia uma associação contextualizada do conteúdo.

Outra percepção relevante foi a forma diversificada pela qual os alunos

abordaram a classificação das reações químicas. Alguns deles optaram por montar as reações para justificar suas classificações, enquanto outros adotaram uma abordagem mais criteriosa, analisando o estado físico dos produtos como método classificatório. Essa variedade de abordagens reflete a flexibilidade cognitiva dos alunos e sua capacidade de aplicar conceitos químicos de maneiras criativas e analíticas.

Durante a leitura do teste de balística foram utilizados dois tipos de materiais para pesquisa: o relatório do detetive e um vídeo de 49 segundos (Segunda fase – Fig. 1). O vídeo foi gravado no laboratório de química da instituição com o objetivo de demonstrar experimentalmente a reação de identificação de uma solução básica e uma solução neutra. Nele optou-se por indicar com fenolftaleína uma solução de hidróxido de sódio que simulasse a lavagem do cano da arma contendo pólvora negra, de caráter básico. Para a solução neutra utilizou-se água com fenolftaleína para simular a lavagem correspondente à pólvora presente nas vestes da vítima. O vídeo foi, nesse caso, essencial para auxiliar os alunos a diferenciarem visualmente soluções básicas de neutras e, com isso, diferentes pHs, como cita a D3Au:

35:50 [...] a solução 1 que é da lavagem da arma ficou rosa então é uma solução básica, já a dois não mudou de cor então ela é ácida ou neutra, a gente tem que descobrir.

Foi possível afirmar que o vídeo instigou os alunos a pesquisarem sobre o conteúdo de reações químicas, em específico as envolvidas em testes de balística no relatório do detetive 2. A inclusão das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no ensino de ciências vem sendo discutida a muito tempo dentro do núcleo da educação. Vasconcelos e Leão (2009) discutem o uso das TICs em sala e ressalta os principais benefícios que a utilização dos vídeos pode trazer à aprendizagem. A autora discute que através dos meios audiovisuais pode-se criar uma nova forma de ajudar a reconstrução ou até mesmo a construção do conhecimento. Ela ainda afirma que este processo é possível devido ao vídeo ser um recurso que possibilita a síntese entre imagem e som, mas também uma forma de expressão, que pode gerar no espectador elementos de motivação para novas situações, como um espectador crítico.

Jukes, McCain e Crockett (2010) citam que os alunos atuais não querem ser apenas telespectadores, mas, sim, atores. Atualmente, crianças e jovens esperam, querem e precisam de informação interativa, recursos interativos, comunicações interativas e informações relevantes da vida real. Pazzini e Araújo (2013) dizem que a aprendizagem

por meio dos vídeos é um desafio constante, mas sua prática bem aplicada abre possibilidades para uma maior eficiência da arte de ensinar. No jogo, o uso de vídeos foi uma forma de exemplificar os conteúdos trabalhados e expor procedimentos da química forense. Os dados coletados apresentam resultados positivos em relação ao uso do recurso audiovisual, onde os jogadores conseguiram, de certa forma, maior facilidade em observar e diferenciar soluções de pHs diferentes e associar aos conteúdos presentes nos relatórios do detetive e da balística. Considerando as falas obtidas pelos áudios, percebe-se que os alunos discutiram o processo de caracterização da pólvora a partir da leitura do relatório onde se encontra tal informação, diferenciando a composição química da pólvora negra com a piroxilada, como podemos observar na fala de D1Au:

16:06 [...] *composição da pólvora negra é de nitratos, então se são nitratos é piroxilada.*

Na fase quatro, os alunos deveriam classificar diferentes reações químicas presentes no relatório do detetive em: reação de neutralização, reação de síntese, reação de precipitação e reação de decomposição. Com os dados coletados foi possível analisar que o jogo contribuiu com que os alunos pensassem sobre a classificação das reações químicas por diferentes caminhos, como mostram as falas de D2Au:

1:22:39 [...] *espera, uma reação entre um ácido e uma base que forma água é uma reação de neutralização, a primeira é neutralização.*

1:23:05 [...] *a segunda é adição ou síntese porque está somando dois reagentes para formar um produto.*

1:28:09 [...] *a terceira reação tem um produto aquoso e um produto sólido, quem produz produtos sólidos são reações de precipitação.*

Os dados mostram que o jogo estimulou os seus jogadores a pensarem de forma criativa e os estimularam a resolver os problemas propostos de diferentes formas, como pode-se perceber na fala da D3Au:

45:30 [...] *vamos montar a reação pra ver qual o tipo.*

A utilização de jogos educacionais como este pode promover uma aprendizagem

mais envolvente e dinâmica, preparando os alunos para enfrentarem desafios reais dentro da área da química e estimulando-os a um pensamento crítico e criativo em relação aos conceitos abordados. As reações foram classificadas de forma correta e as relações com os demais conceitos surgiram em termos como “reagente”, “produtos”, “sólidos” ao se referirem ao tipo de produto gerado numa reação de precipitação, por exemplo.

RELAÇÕES COM AS TÉCNICAS FORENSES

No jogo foram apresentadas algumas técnicas forenses utilizadas nas perícias criminais. Na primeira fase foi exposto a cena criminal com o intuito dos jogadores analisarem todos os detalhes e, com isso, criarem suas hipóteses iniciais. Na perícia, o primeiro contato da investigação é a análise geral do ambiente e no jogo isso foi colocado de forma introdutória, justamente por ser uma das etapas iniciais das análises forenses. Os alunos, a partir de suas observações, produziram hipóteses sobre o caso, como mostram as falas da D3Au logo no início do jogo:

0:44 [...] *na minha perspectiva pode ter sido um suicídio, mas alguém também pode ter atirado nele usando luvas, e colocado ele na posição certinha com a arma na mão pra se pensar que era suicídio.*

1:03 [...] *pode ser que não seja suicídio.*

6:45 [...] *a probabilidade então é que ele não pagou as contas, deixou acumular e isso o levou ao suicídio.*

Na segunda fase o método pericial discutido é a balística forense. Foi observado que esta fase foi a mais demorada do jogo. Aqui os alunos, a partir dos arquivos disponíveis, conseguiram relacionar os conteúdos e conhecimentos a outros já adquiridos, até mesmo em outras disciplinas do curso, representado na fala de D3Au:

44:45 [...] *olha o negócio da aula da (professora de química).*

Compreenderam também como a análise balística funciona, conseguindo desvendar o caso a partir do que encontraram de informações no jogo, como exemplo tem-se a fala da D5Au:

0:10 [...] *tinha um texto criptografado, e a gente descobriu que o pH das soluções são diferentes e que com isso as pólvoras são diferentes, ou seja, a arma na mão da vítima não é a mesma que a baleou, então*

não foi um suicídio, mas, sim, um assassinato.

Na fase três, a técnica utilizada é o luminol para a identificação de manchas de sangue no local do crime. Nessa fase, os alunos puderam analisar através dos arquivos disponíveis como o luminol funciona, qual o tipo de reação química e o que essa análise auxilia na resolução do caso, mostrando novos vestígios e trazendo novas hipóteses, como cita a D1Au:

41:48 [...] *essas manchas são pegadas e isso aí é sangue.*

42:00 [...] *entrou, saiu, lavou as mãos e foi embora.*

Na quarta fase, foi escolhida a análise de substâncias desconhecidas como técnica de investigação. Nela uniu-se a investigação forense e os tipos de ligações químicas através das análises das soluções produzidas pelo possível assassino, permitindo aos alunos ligarem a investigação das substâncias desconhecidas com a classificação química de cada solução encontrada no local do crime, como fala a D6Au:

1:15 [...] *a gente então vai ver o que tinha nas vidrarias e classificar.*

Na quinta e última fase a técnica forense utilizada foi a datiloscopia. Nela os alunos identificaram no início do jogo a presença de impressões digitais, como cita a D6Au:

0:30 [...] *na bancada tem as vidrarias com as digitais.*

Ao final do jogo fizeram sua análise a partir de vidrarias disponíveis no laboratório, onde, ligaram de forma prática o caso criminal com suspeitos, usando as técnicas de revelação de digitais por carbono grafite e iodo sublimado. Para a turma foi o primeiro contato com esse tipo de experimento, como deixa claro D1Au:

3:26 [...] *é, ao mesmo tempo que a gente se divertiu fazendo os experimentos, a gente acaba aprendendo algumas coisas, por exemplo, sobre o grafite pra fazer a identificação da digital, o iodo, então a gente acabou tendo um conhecimento aí.*

A partir desses dados é possível então conferir que a interseção entre a química e as técnicas periciais revelou-se potente para o processo de aprendizagem dos alunos. Ao explorar a aplicação dos princípios químicos na análise forense e na investigação de crimes, os alunos puderam vivenciar de forma nova e tangível o conhecimento científico.

Através da abordagem multidisciplinar, os alunos foram desafiados a conectar conceitos e teorias químicas com práticas investigativas, o que lhes proporcionou uma compreensão menos superficial e aplicável do assunto. Essa conexão entre a química e as técnicas periciais estimulou uma aprendizagem ativa e participativa, despertando o interesse dos alunos e impulsionando-os a explorar soluções criativas para os desafios enfrentados no campo forense (MILARÉ *et al*, 2020).

De acordo com Pereira (2010), ao usar a química forense o professor tira a aula de química do método tradicional e ajuda o aluno a pesquisar mais sobre a disciplina, além de desconstruir que não há nada considerado “mágico” no fenômeno visto, é a ciência presente ali em seu cotidiano, na resolução de problemas. Colocar essa química em foco pode possibilitar ao aluno certa autonomia em estudar determinados conteúdos científicos, levando-o a adquirir confiança e habilidades de pesquisa (CUNHA, 2012).

Além disso, essa integração entre a química e as técnicas periciais permitiu aos alunos uma perspectiva mais ampla sobre a importância e o significado da química no contexto forense. Eles puderam testemunhar em primeira mão como os princípios químicos são aplicados para identificar substâncias, analisar evidências e desvendar mistérios em casos criminais. Essa conexão direta entre a teoria e a prática despertou um senso de curiosidade e motivação nos estudantes.

É importante encontrar um equilíbrio entre o uso do jogo e outras abordagens pedagógicas. Devido a esse equilíbrio se pensou na última fase do jogo no laboratório de química do instituto. Os experimentos práticos permitem que os alunos manipulem substâncias químicas reais, observem reações em tempo real e desenvolvam habilidades práticas, como medição, observação e interpretação de resultados (SILVA, 2016). Portanto, ao integrar a tecnologia e o laboratório de química, é possível proporcionar aos alunos uma educação mais completa e abrangente, combinando os benefícios do aprendizado virtual com a experiência prática no mundo real.

Embora os jogos possam envolver os alunos e tornar o aprendizado mais atraente, é necessário garantir que os conceitos químicos sejam pensados de maneira adequada e aprofundada (SOARES, 2015). Os jogos, por sua natureza simplificada, podem não fornecer uma compreensão completa e detalhada dos conceitos químicos, levando a uma aprendizagem superficial. É fundamental que o jogo seja utilizado como um complemento aos conteúdos teóricos, e não como uma substituição completa. Embora os jogos possam ser motivadores, eles também podem causar distrações e falta de concentração, especialmente se não forem devidamente instruídos e orientados. Os alunos

podem se envolver mais com os aspectos lúdicos do jogo do que com os objetivos educacionais pretendidos, comprometendo o alcance dos resultados de aprendizagem desejados. Devido a essas colocações se pensou na aplicação desse jogo em uma turma que já havia tido contato com o conteúdo de reações químicas em sala. Também é importante ressaltar que a pesquisadora se manteve presente nas etapas de aplicação do jogo durante todo o processo, a fim de direcionar e tirar dúvidas sobre os conteúdos trabalhados, limitando assim as chances do não aproveitamento da metodologia. Ao abordar essas preocupações, é possível maximizar os benefícios e potencializar o uso dessas ferramentas como parte de uma estratégia de ensino mais planejada e equilibrada. Em suma, os depoimentos dos alunos demonstram que o jogo foi não apenas uma experiência divertida, mas também uma ferramenta efetiva para o aprendizado de química. A abordagem inovadora e a abrangência dos conteúdos trabalhados contribuíram para uma maior compreensão e assimilação dos temas estudados. Essa abordagem bem-sucedida pode servir como inspiração para futuras pesquisas e para o desenvolvimento de estratégias de ensino mais envolventes e eficazes para o campo da química e outras disciplinas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do desenvolvimento e utilização desse jogo, o trabalho demonstrou a capacidade de promover um aprendizado mais engajador, significativo e contextualizado para os alunos. Ao integrar o jogo com o conteúdo de reações químicas e a aplicação na química forense, a metodologia forneceu aos alunos uma experiência prática e interativa, permitindo-lhes explorar conceitos científicos de forma lúdica. Isso contribuiu para uma maior motivação dos estudantes, despertando seu interesse e curiosidade, elementos importantes para a aprendizagem efetiva.

Além disso, ao abordar a química forense, a pesquisa trouxe uma perspectiva realista e relevante para o ensino de química. Os alunos puderam compreender como os princípios químicos são aplicados na solução de crimes, o que auxilia na contextualização dos conceitos químicos e na compreensão da importância da química na sociedade. A integração da química forense no jogo despertou o interesse dos alunos por uma área específica de aplicação da química. Isso pode ter estimulado alguns deles a considerarem carreiras na área de ciências forenses, ampliando suas perspectivas profissionais e incentivando o desenvolvimento de habilidades técnicas e investigativas.

Outro ponto positivo foi a utilização da tecnologia como ferramenta educacional. O jogo proporcionou aos alunos uma experiência imersiva e interativa, permitindo-lhes experimentar diferentes cenários e desafios relacionados às reações químicas e à química forense. Essa abordagem inovadora não apenas tornou o aprendizado mais atrativo, mas também desenvolveu habilidades cognitivas, como resolução de problemas, raciocínio lógico e tomada de decisões. O uso dos jogos como uma metodologia de ensino comprova ser uma estratégia educacional eficaz e produtiva.

No entanto, é importante ressaltar que o jogo não deve ser visto como substituto completo das abordagens de ensino, mas, sim, como uma ferramenta complementar. O trabalho aponta para a importância de uma abordagem equilibrada, combinando o uso do jogo com outras estratégias pedagógicas, como aulas expositivas, experimentos práticos e atividades de discussão em grupo.

Além dos benefícios já mencionados, o trabalho também abriu espaço para uma aprendizagem colaborativa e interdisciplinar. O jogo sobre reações químicas e a química forense incentivou os alunos a trabalharem em equipe, compartilhando conhecimentos e estratégias para solucionar desafios propostos. Essa abordagem promoveu a troca de ideias e o desenvolvimento de habilidades sociais, essenciais para a formação de indivíduos preparados para atuar em um mundo cada vez mais colaborativo.

Por fim, o trabalho representa uma contribuição significativa para a melhoria do processo de ensino e de aprendizagem na disciplina de química. Através dessa abordagem inovadora, os alunos são estimulados a se envolverem de forma ativa e prazerosa no estudo da química, desenvolvendo habilidades científicas, cognitivas e sociais. Espera-se que essa pesquisa inspire novos estudos e iniciativas na área de ensino de química, buscando aprimorar as práticas educacionais contínuas e proporcionar uma formação de qualidade aos estudantes. Espera-se também que essa iniciativa inspire os educadores a explorarem cada vez mais recursos tecnológicos e lúdicos no ensino de ciências, proporcionando aos alunos uma formação sólida e estimulante.

REFERÊNCIAS

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BRANCO, R. O.; ALEIXOU, A. M. D. P.; FARIA, D. L. A.; TOMA, H. E.; SARKIS, J. E. S.; SOUZA, L. W. C.; BRANCO, M. O.; SALVADOR, V. L. R. **Química forense sob olhares eletrônicos**. Campinas: Millenium Editora, 2005.

CASTRO, J.; COSTA, P. C. F. Contribuições de um jogo didático para o processo de ensino e aprendizagem de Química no Ensino Fundamental segundo o contexto da Aprendizagem Significativa. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias (REIEC)**, v. 6, n. 2, 2011.

CHEMELLO, E. Ciência forense: impressões digitais. **Química Virtual**, dez. 2006.

CHEMELLO, E. Ciência forense: balística. **Química Virtual**, fev. 2007a.

CHEMELLO, E. Ciência forense: manchas de sangue. **Química Virtual**, jan. 2007b.

CUNHA, M. B. **Jogos no ensino de Química**: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 2, 2012

DAMIANI, M. F. *et al.* Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de educação**, n. 45, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GUZZO, D. A.; PARREIRA, F. J.; SILVEIRA, S. R. **A Utilização de Jogos Educacionais Digitais como Proposta de Metodologia Ativa de Ensino para uma Aprendizagem Significativa na Educação Básica**, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/24239/Guzzo_DagobertoAndre.pdf?sequence=1>. Acesso em: 28 jul. 2023.

JUKES, I.; MCCAIN, T.; CROCKETT, L. **Understanding the digital generation: teaching and learning in the new digital landscape**. London: Corwin, 2010.

KISHIMOTO, T. M. **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. São Paulo: Cortez, 1996.

KISHIMOTO, T. M. **O jogo e a educação infantil**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

MILARÉ, T.; RICHETTI, G. P.; SILVA, L. A. R. Solução Mineral Milagrosa: um Tema para o Ensino de Química na Perspectiva da Alfabetização Científica e Tecnológica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 26, 2020.

PAZZINI, D. N. A.; ARAÚJO, F. V. de. **O uso do vídeo como ferramenta de apoio ao ensino-aprendizagem**. Especialização em Mídias na Educação, UFSM, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/729/Pazzini_Darlin_Nalu_Avila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 dez. 2023.

PEREIRA, C. B. C. **A utilização da química forense na investigação criminal**. Assis: Fundação Educacional do Município de Assis, 2010.

POZO, J. I. **Aprendizes e mestres: a nova cultura da aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

ROBSON, C. **Real World Research**. Oxford: Blackwell, 1995.

SANTOS, F. M. dos. Análise de conteúdo. A visão de Laurence Bardin. **Revista Eletrônica de Educação**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 383–387, 2012.

SANTOS, T. A. dos, *et al.* Minicurso de ciência forense e a relação teoria e prática na formação inicial: uma iniciativa do pet química e física. **Colloquium Humanarum**, p. 385-396, 2020.

SILVA, V. G. da. **A importância da experimentação no ensino de química e ciências**. Monografia. 42 f. (Curso de Licenciatura em Química). Universidade Estadual Paulista – UNESP. São Paulo, 2016.

SILVA, P. S. da; ROSA, M. F. da. Utilização da ciência forense do seriado CSI no ensino de Química. **R. B. E. C. T.**, v. 6, n. 3, 2013.

SOARES, M. H. F. **Jogos e atividades lúdicas para o ensino de química**. 2. ed. Goiânia: Kelps, 2015.

VASCONCELOS, F. C. G. C. de; LEÃO, M. B. C. **O vídeo como recurso didático para ensino de ciências: uma categorização inicial**. 2009. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/r0315-1.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2023.