



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

YURI RAYEL FERNANDES DE SOUSA

GAMIFICAÇÃO E QUÍMICA FORENSE COMO FERRAMENTA DE
APRENDIZAGEM PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

TERESINA-PI

2023

YURI RAYEL FERNANDES DE SOUSA

**GAMIFICAÇÃO E QUÍMICA FORENSE COMO FERRAMENTA DE
APRENDIZAGEM PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Licenciatura Plena em Química, do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí (IFPI) - *Campus* Teresina Central.

Orientador: Prof. Dr. Joaquim Soares da Costa Júnior
Coorientadora: Profa. Dra. Danielle da Costa Silva

TERESINA-PI

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Sousa, Yuri Rayel Fernandes de
S725g Gamificação e Química Forense como ferramenta de aprendizagem para
alunos do ensino médio / Yuri Rayel Fernandes de Sousa. - 2023.
52 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina
Central, 2023.

Orientador : Prof Dr. Joaquim Soares da Costa Júnior.

1. Ensino de Química . 2. Aprendizagem significativa . 3. Química forense .
4. Jogo de Química. I. Título.

CDD - 540

Elaborado por Maria Rosismar Farias CRB 3/631

YURI RAYEL FERNANDES DE SOUSA

GAMIFICAÇÃO E QUÍMICA FORENSE COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Licenciatura Plena em Química, do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí (IFPI) - *Campus Teresina Central*.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Joaquim Soares da Costa Júnior (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Profa. Dra. Danielle da Costa Silva (Coorientadora)
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SED-SP) - Diretoria de Ensino –
Região de Suzano

Profa. Dra. Vanessa Nunes dos Santos
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Prof. Dr. Vicente Galber Freitas Viana
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Dedico este trabalho ao meu avô paterno, pois sempre acreditou em todos meus planos. Tinha o sonho de ver seu neto se formando. E hoje em algum lugar do céu, posso ter certeza que ele está feliz e contente por minha conquista.

Te amo meu velhinho.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos. Gostaria de agradecer a minha mãe, Liduina Fernandes de Sousa, meu pai, Iataanderson Ribeiro de Sousa, e também ao meu irmão, que mesmo longe de Teresina, agradeço por todo carinho e pela confiança. Finalmente, a minha namorada Mariza Almeida, que em todo os momento esteve comigo, depositando todo seu apoio.

De forma exclusiva aos meus amigos, agradeço ao Iago Cavante, Karolaine, Gabryella, Maxsuel, Patrícia, Das Dores e ao meu amigo Eros Carvalho. Também, aos meus amigos da biologia, pois mesmo nos conhecendo a pouco tempo, já tenho um enorme carinho por todos.

Agradeço aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso. Por fim, a todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

*Consagre ao Senhor tudo o que você faz,
e os seus planos serão bem-sucedidos.*

Provérbios 16:3

RESUMO

A busca por metodologias inovadoras é crescente nos últimos anos, com o objetivo de se buscar alternativas ao ensino tradicionalista. Neste viés, houve um aumento na procura por recursos didáticos que promovam a ludicidade em sua estruturação. Os jogos destacam-se na educação pela sua versatilidade, tanto em relação à jogabilidade como às temáticas e conteúdos que podem ser inseridos. Nesse sentido, o estudo teve como objetivo principal produzir um jogo com abordagem de conceitos presente na área de Química Forense, tendo como propósito em contribuir na compreensão de conceitos químicos por estudantes do ensino médio. Para isso, o jogo “XpertChem Forensic” foi sistematizado no *software freeware Unreal Engine 4* (versão 4.27.02, 2021). O jogo traz no enredo uma micro aula com abordagem de conteúdos de química forense, em seguida, o aluno é posto como protagonista da narrativa, assumindo o papel de perito forense, solucionando missões e desafios que envolvem a utilização de técnicas para elucidação de cena de crimes. Dessa forma, o jogo oferece uma proposta de experimentação dinâmica e lúdica com abordagem da química, mostrando-se importante como ferramenta didática para ser utilizada como facilitadora no processo de ensino-aprendizagem, bem como para a inserção dos conteúdos na disciplina de química no ensino médio.

Palavras-chaves: Ensino de Química; Aprendizagem Significativa; Química forense; Jogo de Química; Métodos forense; Ensino Médio.

ABSTRACT

The search for innovative methodologies has been increasing in recent years, with the aim of seeking alternatives to traditionalist teaching. At this time, there was an increase in the demand for teaching resources that promoted playfulness in their structure. Games stand out in education due to their characteristics, both in terms of gameplay and the themes and content that can be included. In this sense, the main objective of the study was to produce a game with an approach to concepts present in the area of Forensic Chemistry, with the aim of contributing to the understanding of chemical concepts by high school students. To achieve this, the game “XpertChem Forensic” was systematized in the *freeware software Unreal Engine 4* (version 4.27.02, 2021). The game features in its plot a micro class with an approach to forensic chemistry content, then the student is placed as the protagonist of the narrative, assuming the role of forensic expert, solving missions and challenges that involve the use of techniques to elucidate a crime scene. In this way, the game offers a proposal for dynamic and playful experimentation with a chemistry approach, proving to be important as a teaching tool to be used as a facilitator in the teaching-learning process, as well as for the insertion of content in the chemistry discipline in teaching average.

Keywords: Chemistry Teaching; Meaningful Learning; Forensic Chemistry; Chemistry Game; Forensic Methods; High School.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Elementos dos jogos por categorias	23
Figura 2	- Aprendizagem de pH por meio de jogo	25
Figura 3	- Pontos característicos da impressão digital	28
Figura 4	- Revelação de impressões digitais por meio da técnica do vapor de iodo .	30
Figura 5	- Menu principal da Unreal Engine 4	31
Figura 6	- Menu principal do Jogo (XpertChem Forensic)	33
Figura 7	- Demonstração da produção da Micro Aula na Unreal Engine 4	34
Figura 8	- Micro Aula em formato de apresentação	34
Figura 9	- Demonstração da produção da cena de crime na Unreal Engine 4	35
Figura 10	- Visão do aluno no momento da explicação da composição química das IPLs	36
Figura 11	- Revelação de IPLs através da técnica do vapor de iodo durante a micro aula	37
Figura 12	- Interações intermoleculares entre iodo e ácido graxo	37
Figura 13	- Reação de complexação entre cocaína e tiocianato de cobalto formando uma solução de cor azul para resultado positivo	38
Figura 14	- Ilustração em terceira pessoa do jogador ao longo da explicação sobre manchas orgânicas encontradas em cenas de crimes	39
Figura 15	- Ilustração da etapa de investigação que envolve o reconhecimento do local de uma cena de crime	40
Figura 16	- Processo investigativo com abordagem do reconhecimento e coleta de vestígios em cena de crime	40
Figura 17	- Ilustração da identificação de impressão digital em objeto por meio da técnica do vapor de iodo	41
Figura 18	- Etapa de investigação que retrata a identificação de suspeitos por comparação da impressão digital revelada por meio da técnica do vapor de iodo	42
Figura 19	- A condenação do autor do crime após o resultado da análise comparativa das impressões digitais	42
Quadro 1	- Atividades que trabalham aprendizagem de Química	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
ABInv	Aprendizagem Baseada na Investigação
AC	Aprendizagem Criativa
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
CNE	Conselho Nacional de Educação
EI	Ensino Baseado na Investigação
ENEM	Exame Nacional do Ensino
IPL	Impressões Papilares Latentes
QF	Química Forense
RV	Realidade Virtual
TDICs	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
UE4	Unreal Engine 4

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 Metodologias ativas	15
2.2 Aprendizagem criativa (AC):	16
2.3 Ensino Baseado na Investigação (EI)	18
2.4 Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)	19
2.5 As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) na Educação	20
2.6 Gamificação.....	22
2.7 A Contextualização da Ciência Forense no Ensino de Química	26
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	31
3.1 Levantamento Bibliográfico	31
3.2 Programa Unreal Engine 4	31
3.3 Criação e desenvolvimento do jogo	32
3.4 Narrativa e contextualização de química.....	33
3.5 Métodos forenses utilizados no XpertChem Forensic	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO:	36
5 CONCLUSÃO.....	44
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	45

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos, o sistema de ensino básico Brasileiro vem enfrentando diversas críticas e questionamentos em relação às ações efetuadas no âmbito da educação e tanto na eficácia da aprendizagem (SANTOS *et al.*, 2018). Atualmente, tem-se como um dos principais desafios observados no campo educacional, esta na dificuldade em condicionar os educandos a torná-los seres mais participativos e motivados para a formação de seu próprio conhecimento. Tais adversidades estão associadas ao fato de que, o perfil do estudante se transformou ao longo das décadas, e essas mudanças foram acompanhadas pelos processos de transformação da sociedade. Dentre essas mudanças, destaca-se a democratização da internet, que por meio dela os alunos passaram a ter acesso rápido e fácil à informação em diversos lugares (CALABRIA; NÓBILE, 2023; SILVA, 2020).

Diante disso, devido ao acesso à informação se tornar acessível para todas as esferas sociais, progredir em um ensino baseado apenas pela transmissão do professor, seria algo rudimentar, não fazendo mais sentido no atual cenário (MORAN, 2015). Entretanto, ter o acesso a variadas informações não é suficiente para adquirir a aprendizagem, a vista de que, é fundamental saber a forma correta de selecioná-las, utilizá-las e aplicá-las. Portanto, como mediador, o docente tem um papel fundamental frente a esse desafio.

Segundo Borges (2010) a realidade pedagógica não é retratada de forma inerte, mas sim dinâmica e imprevisível. Em razão disso, o futuro docente necessita esta sempre em capacitação para atuar neste cenário vigente, isto através de conhecimentos que vão além dos acadêmicos e profissionais (BORGES, 2010). Assim, por efeito da contemporaneidade inerente da sociedade, e às novas formas de produção de conhecimento, é notável rever os modelos formativos que são calcados em métodos tradicionais. De forma similarmente, o autor Gonçalves e Silva (2018) menciona que, “O Licenciando precisa vivenciar mudanças que lhe permitam refletir e ir além da aula tradicional” (GONÇALVES; SILVA, 2018) (SILVA, 2020).

Em virtude da considerável exigência de criação de novos métodos de ensino, surgiram as metodologias ativas, caracterizada como uma estratégia pedagógica, esta traz ao discente uma nova perspectiva de aprendizagem, no qual ele passará a ser o sujeito ativo, protagonista e construtor do seu próprio conhecimento. No entanto, para alcançar tal proatividade, é necessário a implementação de métodos que envolvam o aluno a integrar-se em atividades cada vez mais complexas, havendo a responsabilidade de tomar decisões e avaliar os resultados, isso através do apoio de materiais relevantes (CALABRIA; NÓBILE, 2023).

Em vista disso, as metodologias ativas são apresentadas como uma ferramenta didática que norteia a educação, possibilitando ao aluno, o desenvolvimento de conhecimentos e habilidades significativas, isso através de estímulos que instruem um aprendizado por meio de descobertas, moldada pela interação, participação, intervenção e bidirecionalidade. Para tal propósito, o profissional da educação terá o papel de mediar este ensino e potencializar o desenvolvimento de tais competências. Dentre as diversas metodologias ativas vigentes no cenário Brasileiro, as mais adotadas são: Aprendizagem Baseada na Investigação (ABInv), Aprendizagem baseada em problemas (ABP), Sala de aula invertida, Cultura Maker, Design thinking, Ensino híbrido e Gamificação (PUCINELLI; KASSAB; RAMOS, 2021; DO NASCIMENTO *et al*, 2018; BISPO *et al.*, 2023).

A aprendizagem baseada em investigação, é uma perspectiva de ensino que contribui significativamente na construção da percepção do conhecimento, esta atribuição pode ser alcançada por meio de situações que trabalham na execução de práticas experimentais. Nesse cenário, tais práticas de investigação incluem atividades em que os alunos interagem mais intensamente com materiais de apoio. Para isso, os aspectos do ambiente em que o discente esta inserido, é fundamental para tal desenvolvimento, este tendo que disponibilizar de recursos, como instrumentos de pesquisa, materiais, utilidade de espaços para a formação, orientação, troca de ideias entre aluno-aluno e aluno-professor, discussões e divulgação dos trabalhos desenvolvidos. Em contribuição, Dyasi (2014) aponta que a ABInv, demanda que o aluno tenha capacitação suficiente para o desenvolvimento de competências, *i. e.*, construção de perguntas, realização do planejamento de pesquisa, manejo de instrumentos de medição, capacidade de observar, prever, recolher e analisar dados, formular explicações e apresentar as suas conclusões” (SANTOS *et al.*, 2018).

Nas palavras de Pucinelli e colaboradores (2021), a inserção de jogos didáticos e experimentações laboratoriais tem sido cada vez mais utilizadas no âmbito escolar como um instrumento didático. Assim, na busca por mudanças significativas para o processo de ensino-aprendizagem, encontra-se a gamificação, que traz como ideia, o uso de elementos e técnicas de games em situações didáticas. Sendo uma estratégia de ensino, seu propósito esta centrado exclusivamente no discente, que este será responsável pela concretização de seu conhecimento, equitativamente, a gamificação objetiva motivar e engajar os educandos na realização de atividades educativas (PUCINELLI; KASSAB; RAMOS, 2021).

De acordo com Karlo-Gomes e Ramos (2022) a utilização deste método didático contribui na criação de um ambiente ímpar de aprendizagem, com a eficácia na retenção da atenção do aluno. Com isso, o desenvolvimento de uma atividade pedagógica através do uso de

jogos pode ir além da sala de aula, sendo capaz de propiciar a formação de feedbacks por meio da adesão, engajamento e simulacros de novas realidades (KARLO-GOMES; RAMOS, 2022).

De acordo com Fiedler-Ferrara e Mattos (2002), o desenvolvimento da abordagem de temas transversais, como Química Forense e a Investigação Criminal, auxiliam na construção de uma aprendizagem mais sistêmica e contextualizada. Tendo em vista que, tal atividade desenvolve nos aluno o estímulo que concebem uma variedade de comportamentos: desde a observação à manipulação, a curiosidade à interrogação, o raciocínio à experimentação, o direito à tentativa e erro e capacidades relacionadas com a comunicação, trabalho de análise e síntese e criatividade, isto posto, como fatores essenciais para o desenvolvimento do conhecimento próprio do indivíduo (SEBASTIANY *et al.*, 2013)

Em ênfase à atual situação do contexto escolar e a prática de contextualização da Química Forense, nota-se que raramente aborda-se tal temática no ensino. Este panorama é municiado pelos autores Ventura e Miranda Junior (2021), que analisaram a respeito da abordagens de trabalhos sobre química forense nas atas do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), em que, a pesquisa resultou em apenas 23 trabalhos, dos quais em grande maioria relacionava à contextualização e à aplicação de atividades lúdicas, de modo que os professores por meio da utilização de estratégias de ensino proporcionaram aos alunos a se sentissem motivados e atuassem no papel principal nas aulas de química. Similarmente o autor Martins *et al.*, (2016) realizou a busca de artigos sobre a temática, nos quais os 5 artigos tratavam, estritamente, sobre a contextualização e a química forense no ensino de química. No entanto, através das pesquisas, os autores mencionam a escassez de trabalhos sobre o tema no país, destacando a relevância das buscas de novas pesquisas dessa natureza, objetivando ainda mais a contribuição na produção acadêmica na área do conhecimento em destaque (MARTINS *et al.*, 2016; SILVEIRA; CABRAL; QUEIROZ, 2021).

Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho é, desenvolver um jogo com abordagem da química forense com o enfoque na contextualização dos métodos químicos, tendo como propósito a potencialização da aprendizagem de conceitos trabalhados no ensino médio.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Metodologias ativas

As metodologias de ensino aprendizagem é uma temática que sempre esta em reformulação no âmbito escolar. Onde a principal busca situa-se no desenvolver de novas propostas didáticas e também na modificação das estratégias de ensino ultrapassadas, denominadas de “método tradicional”, caracterizado pela transmissão de conteúdos “pré-descritos” e de forma convencional, isto é, a forma de ensinar consiste em preocupar-se somente na fixação dos assuntos. No entanto, nota-se que esta forma de aprendizagem não gera resultados significativos, visto que, a prática de ensino precisa promover no aluno o desenvolvimento de habilidades cognitivas, assim proporcionando a motivação na busca de conhecimentos e favorecendo a participação ativa em sala (ZOMPERO *et al.*, 2019). Em razão disso, habitualmente novas metodologias são estudadas com função de despertar e instigar a aprendizagem de maneira significativa e criativa (ROSA; SILVA; GALVAN, 2014).

Definir uma metodologia a ser escolhida no momento de ministrar uma aula é um dos grandes desafios para muitos professores. Dado que, primeiramente há uma necessidade de levar em consideração que o processo de aprendizagem é singular e diferente para cada indivíduo. Portanto, cada aluno aprende e assimila os conteúdos de acordo com o que é relevante e que faz sentido para ele, que por diante resultará no desenvolvimento de conexões cognitivas e emocionais do mesmo. Portanto, as metodologias ativas abrangem um conceito do processo de ensino e aprendizagem que trazem oportunidade dos discentes a aprenderem de acordo com seu próprio ritmo, tempo e estilo (ZOMPERO *et al.*, 2019).

Realizando uma reflexão sobre o papel do professor no processo de evolução do indivíduo, compreende-se que é indispensável citar a sua importância na construção do currículo do aluno. Visto que, o professor junto a uma metodologia adequada, possibilita o estímulo da curiosidade em fazer com que o aluno busque pesquisar, refletir e escolher o que fazer para atingir os objetivos propostos pelo aprendizado. No entanto, o docente que, neste caso, atuaria como um facilitador ou orientador do desenvolvimento do processo educativo, utilizando-se de experiências reais ou simuladas, buscando às condições adequadas para solucionar os possíveis desafios, estes provenientes das atividades realizadas na prática social, em diferentes contextos (BERBEL, 2011, p. 29).

Deste modo, para ter um alcance do desenvolvimento educacional, o docente necessita ter uma ótima capacitação profissional na sua área pedagógica. Nesse contexto, a formação, dedicação, aprimoramento e a experimentação ao longo da carreira são fundamentais para a

qualificação do docente. Além disso, é necessário que a escola trace metas e defina um modelo educativo, para então procurar profissionais que sejam adequados ao modelo proposto. Como a prática pedagógica vai além dos saberes, é importante reconhecer as complexidades exigidas e pensar em um desenvolvimento profissional que exceda a formação específica. Assim, é preciso que o docente se comprometa com o aprendizado e incentive a evolução do(a) aluno(a). (BERBEL, 2011, p. 29).

No momento atual, a forma de ensino baseado na transmissão oral dos conteúdos, não cumpre de forma suficiente no aprendizado, tal que, certa parte dos discentes não se contentam mais em apenas ouvir informações repassadas pelos professores. Portanto, há uma exigência na educação escolar e superior para que esta proporcione novos elementos, isto é, selecionar informações, desenvolver a criticidade e capacidades cognitivas necessárias para as demandas do mundo atual (MIZUKAMI, 1986; ZOMPERO *et al.*, 2019).

Diante das modificações da sociedade atual, tanto por influência da globalização e o fácil acesso aos meios de comunicação e redes sociais, não podemos mais pensar na possibilidade de ensino meramente expositivo. Tal forma que, os livros didáticos e até mesmo as informações que os professores trazem para as aulas são, muitas vezes, desatualizadas frente aos avanços científicos e tecnológicos. Com isso, novos cenários de formação passam a ser visualizados. De acordo com o autor França (2009, p. 42), “o professor precisa conscientizar-se de que a mudança encontra-se em suas mãos, por meio de pesquisas, leituras, discussões e trocas de experiências, extrapolando a simples utilização do livro didático, como se fosse o único instrumento pedagógico”. Tal fato requer uma nova postura do profissional na criação e colaboração, ampliando um novo fazer pedagógico (ZOMPERO *et al.*, 2019).

2.2 Aprendizagem criativa (AC):

Dentre as diversas formas didáticas que colaboram para a potencialização da educação, a Aprendizagem Criativa (AC) é uma vertente de ensino que permite desenvolver o ensino de forma inovadora e produtivas. A AC proporciona o instinto criativo, o compartilhamento de ideais, a interatividade e também oportuniza a experimentação. Sendo assim, esta coopera na formação de habilidades cognitivas e traços de personalidades nos alunos (GOMES, 2020). No entanto, vale ressaltar que o indivíduo passa a ser criativo no momento em que esse é integrado dentro de sua área de conhecimento, onde isto estará de acordo com seus próprios interesses (GOMES, 2020; MATTA; SILVA; BOAVENTURA, 2014). Segundo Beineke (2012), a conceito de criatividade em AC é descrita como:

[...] O conceito de criatividade, dentro da expressão aprendizagem criativa, supõe que é a intenção de transformar o mundo de alguma maneira que torna um esforço potencialmente criativo, e se torna criativo quando é julgado como tal. Quanto à aprendizagem, no conceito de aprendizagem criativa, o autor define que ela ocorre dentro de domínios específicos, envolvendo a aquisição de técnicas, habilidades, informação e tecnologia que potencializam o desenvolvimento da criatividade (BEINEKE, 2012, p. 50).

Nessa perspectiva, compreende-se que a execução da aprendizagem criativa nas escolas colabora de forma significativa para o desenvolvimento motivacional dos alunos, assim, proporcionando a resolução de problemas, produção de atividades e coparticipações. ademais, é importante destacar que a realização da AC associada a ensino tecnológico contribui na ampliação didática da educação (BEINEKE, 2009).

O processo do desenvolvimento humano esta ligado à sua capacidade de criação e modificação, no qual, temos isso como uma condição necessária para a existência humana. De acordo com Vigotski (2009), “o cérebro não é apenas o órgão que conserva e reproduz nossa experiência anterior, mas também o que combina e reelabora, de forma criadora, elementos da experiência anterior, erigindo novas situações e novo comportamento” (VIGOTSKI, 2009, p. 14; CARCANHOLO, 2020).

Nessa linha de raciocínio, entende-se que a imaginação é considerada como um agente precursor de grande importância para o processo de criação, além da necessidade da existência da experimentação, assim tendo intuito em assegurar a capacidade de elaboração.

No entanto, quando se fala da questão da criar, não necessariamente refere-se a uma extensa produção, pois, de início o principal objetivo é o desenvolvimento individual. Portanto, a natureza da criação dependerá do qual será seu propósito, podendo ser intencionado com um intuito colaborativo, assim, com enfoque no bem e o desenvolvimento da humanidade, como explica Vigotski (2009):

[...] a criação, na verdade, não existe apenas quando se criam grandes obras históricas, por toda parte em que o homem imagina, combina, modifica e cria algo novo, mesmo que esse novo se pareça a um grãozinho, se comparado às criações dos gênios. Se levarmos em conta a presença da imaginação coletiva, que une todos esses grãosinhos não raro insignificante da criação individual, veremos que grande parte de tudo o que foi criado pela humanidade pertence exatamente ao trabalho criador anônimo e coletivo de inventores desconhecidos (VIGOTSKI, 2009, p. 15-16).

Dessa forma, no âmbito educacional, desenvolver a imaginação possibilita o encorajamento da criação, isto é, a partir da imaginação temos o dependência da experimentação. Tal como na fala de Vigotski (2009) que cita “Assim, há uma dependência dupla e mútua entre imaginação e experiência. Se no primeiro caso a imaginação apoia-se na experiência, no segundo é a própria experiência que se apoia na imaginação” (VIGOTSKI,

2009, p. 25). Com isso, o fato de experimentar, levará o aluno a imaginar uma situação, assim tornando capaz de produzir (CARCANHOLO, 2020).

Em destaque aos estudos dentro dessa perspectiva pedagógica, os trabalhos delineados pela autora Mitjáns Martínez (2008), abordam uma visão de aprendizagem criativa como uma forma de aprender caracterizada por estratégias e processos específicos, em que a novidade e a pertinência são indicadores essenciais para o desenvolvimento da criação (MITJÁNS MARTÍNEZ, 2008, p. 86; MUNIZ; MARTÍNEZ, 2015). Com isso, compreende-se que, no momento que exista a modificação da informação e o processo de contrastar dados, o sujeito movimenta-se a refletir, fazendo isso parte de um recurso específicos singular de aprendizagem, que por vez, se caracteriza como um seguimento de aprendizagem criativa, que esta abrange a formação de ideias próprias que transcendem o que se será trabalhado. Elaborar, gerar as suas próprias ideias, viabiliza o sujeito a não se limitar a compreender algo, assim possibilitando-o a ser capaz de transcender o que é posto (MUNIZ; MARTÍNEZ, 2015).

Em vista disso, a complexidade envolvida no processo de aprendizagem criativa corrobora, dentre outros aspectos, em reforçar a estabilidade do conhecimento, isto é, não constituindo apenas um aprendizado momentâneo, mas tornando possível a capacidade de gerar e concretizar algo essencial. Utilizando esse novo saber em diferentes situações vividas pelo aluno, desenvolverá o bem estar emocional do aprendiz e sua realização pessoal (MITJÁNS MARTÍNEZ, 2012; MUNIZ; MARTÍNEZ, 2015).

2.3 Ensino Baseado na Investigação (EI)

A metodologia de ensino baseada na investigação (EI) surge como uma das estratégias que visa a participação ativa dos estudantes em sala de aula. De acordo com o autor Bianchini (2011, p. 22), a EI traz a proposta em “levar os alunos a pensar, debater, justificar, argumentar, aplicar conhecimento a situações novas, fazê-los participar de sua própria aprendizagem e sentir a importância disso”. Tendo como foco não apenas despertar a curiosidade no aluno, mas também, originar uma nova visão sobre o mundo, construída a partir da compreensão de como ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente se relacionam (MONTIJA *et al.* 2019).

Considerando as metodologias ativas, o Ensino por Investigação exibe uma proposta de ensino que oportuniza ao estudante as condições formativas necessárias para as demandas atuais. No quadro de mudanças, aprender a pensar é um dos objetivos das propostas curriculares, que possibilitam aos alunos o aprimoramento de habilidades, pois o importante não é a quantidade de conhecimento, mas adquirir os mecanismos para aplicação prática dos conteúdos. De acordo com Deboer (2006), o ensino na perspectiva investigativa tem por base

não formar cientistas, mas cidadãos com atitudes investigativas que envolvem, por exemplo, a capacidade de questionar e responder questões, ser capaz de resolver problemas, desenvolver raciocínio e autonomia. De acordo com o autor, o objetivo é que os estudantes desenvolvam habilidades necessárias para questionar e aprender estratégias para responder questionamentos (ZOMPERO *et al.*, 2019).

2.4 Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)

A Aprendizagem Baseada em Problemas – ABP ou PBL do inglês (*Problem Based Learning*), é uma metodologia de ensino que surgiu por meio de um grupo da Universidade de McMaster em Hamilton, Canadá no final dos anos 60. Devido a insatisfação e os problemas existentes na educação médica e no ensino tradicional na época, o grupo implementou uma nova visão de currículo, assim buscando preconizar o desenvolvimento do currículo baseado no estudo de problemas (BOROCHOVICIUS; TORTELLA, 2014).

Entende-se que um ótimo currículo possibilita preparar o cidadão para seu futuro ingresso ao mercado. Para isso, há de complementar que o currículo não deve conter somente informações baseadas em teorias, isto é, além dos conhecimentos teóricos, é preciso adquirir estratégias de aprendizagem para solucionar os problemas, também como aplicar na prática as informações de maneira eficaz (BOROCHOVICIUS; TORTELLA, 2014).

Diante disso, a ABP propõe a forma de aprendizado autodirigido, centrado na experimentação de possíveis situações que trabalhem a aprendizagem colaborativa, sendo tais problemas formulados e transmitidos pelos docentes. Tais problemas são denotados sem informações anteriores e funcionam como condutores e pontos de partida do processo de aprendizagem. Os alunos têm como tarefa a responsabilidade, empenhando-se na maneira pela qual o problema será trabalhado, escolhendo os métodos e como se validará a aprendizagem, assim como identificar os objetivos a serem aprendidos. Através disso o aluno desenvolverá a capacidade de descobrir e aplicar os conhecimentos adquiridos, assim construindo suas próprias habilidades para resolver problemas e aprender conteúdos essenciais. O progresso da compreensão tem como seguimento de forma interdisciplinar, utilizando e abrangendo informações de diversas disciplinas, que serão aprendidas integradamente (ZOMPERO *et al.*, 2019; MASETTO, 2004).

De acordo com Pereira (1998), para uma melhor progressão da aprendizagem, é necessário que esta seja transformacional, assim solicitando do docente uma compreensão de novos significados, que permita relacionar às experiências prévias e às vivências dos alunos, assim propiciando a estruturação de problemas que estimulem, desafiem e incentivem novos

conhecimentos (BOROCHOVICIUS; TORTELLA, 2014). Nessa perspectiva, quando pensamos em um ensino ativo, devemos considerar a combinação de roteiros semiestruturados e abertos, confrontando o que é considerado socialmente relevante (currículo) com a vida, interesses e necessidades de cada aluno. Este fato é essencial para o sucesso na educação e consequentemente para sermos indispensáveis como docentes e como escolas. Nesse sentido, aprender é uma maneira para desenvolver criatividade e habilidades para resolução de problemas (ZOMPERO *et al.*, 2019).

2.5 As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) na Educação

Os meios de comunicação são veículos de informações e ideias que estão em evolução a todo momento, tendo diversas adaptações à medida que a sociedade se modifica. Estes meios são classificados em tipos, podendo ser meio audiovisual, escrito, sonoro e hipermídia. À vista disso, é notório destacar as contribuições e as possíveis influência negativas das tecnologias de informação no contexto educacional. Considerando no geral, por meio da utilização dessas tecnologias é possível a disseminação de conhecimentos e também a equidade de disponibilidade ao acesso, no qual, são propagadas em maior parcela por meio das principais mídias digitais (Google, Instagram, Tik Tok e WhatsApp) (SOUZA, 2005, p. 99).

Segundo o autor Souza (2005) a colaboração das tecnologias na educação complementa o enriquecimento das atividades em salas de aula, onde cita que: “os meios de comunicação e as novas tecnologias produzem alfabetizações múltiplas, ou alfabetizações pós-modernas, estruturando a percepção das pessoas no sentido de que existe uma incapacidade para adotar um único ponto de vista da realidade” (SOUZA, 2005, p. 99).

Nessa linha de pensamento, tal implementação é capaz de despertar o instinto criativo dos alunos e o interesse em procura de novas aprendizagens. Com isso, devido às contínuas mudanças dos meios comunicativos, há um apelo para a implementação de novas estratégias que possibilitem complementar a forma de repassar o ensino, assim, trazendo propostas que articulem a participação dos discentes e o uso dos recursos tecnológicos, visando o entendimento dos conteúdos trabalhados e uma contextualização da aprendizagem com ao cotidiano (MONTIJA *et al.*, 2019).

Santos e Soares (2011) citam o avanço tecnológico, como uma condição para que a escola deixe de ser um local desinteressante para os alunos em relação aos conteúdos (SANTOS; SOARES, 2011). Como afirma Morin (2003), ao se referir a Montaigne: “mais vale uma cabeça bem-feita que bem cheia” (MORIN, 2003, p. 21). Dessa forma, ao abordar os conteúdos de ensino, é fundamental que os professores instiguem seus alunos a praticar a

criatividade, a exercitar a dúvida, problematizando os conteúdos, a fim de organizá-los, pois o ensino não se limita à simples acumulação de conhecimentos. Diante deste cenário, as instituições de ensino vêm adotando um novo olhar para as formas de ensino aprendizagem e da estrutura curricular, minimizando lacunas, como o desinteresse dos estudantes pela escola, conteúdos e pela forma como os professores ministram suas aulas. Cabe ressaltar que além dos problemas intrínsecos da escola, Silva (2014) aponta que o desinteresse escolar, em grande parte, se deve ao contexto sociocultural que influencia os alunos. Portanto, busca-se novas perspectivas para formação profissional, isto é, integrar teoria/prática, ensino/serviço, com ênfase para as metodologias ativas de aprendizagem (MARIN *et al.*, 2010) que tem como pretensão auxiliar na motivação autônoma (ZOMPERO *et al.*, 2019).

Em contrapartida, uma parcela dos educadores expõe certo temor do amplo uso da tecnologia em sala de aula. Indubitavelmente, ela transforma a lógica da escola atual e cria muita insegurança sobre o papel dos discentes e da própria escola no processo pedagógico. Entende-se que, tal medo existe devido ao desconhecimento do equipamento e da linguagem tecnológica, que de certa forma marca um distanciamento entre gerações. Visto que, os alunos sabem intuitivamente e os professores expõem dificuldades, desmontando a hierarquia escolar quando estes deixam de ser os detentores do conhecimento. Porém, embora a tecnologia esteja presente fisicamente na instituição, ela não é incorporada aos processos pedagógicos (SOUZA, 2005, p. 103).

Ainda que exista um abismo entre as gerações, a resistência à cultura midiática transmite o antigo medo dos professores de serem substituídos por máquinas. Todavia, os equipamentos jamais poderão substituir o pensamento humano, mesmo que a nossa cultura permaneça permeada pela eletrônica, os educadores continuam sendo os mediadores entre o conhecimento e os alunos. Assim, ainda há necessidade mesmo para o sucesso de projetos de educação à distância (SOUZA, 2005, p. 103).

Nas últimas décadas o uso das tecnologias voltada como ferramenta de ensino de química, possibilitou a expansão nos métodos de aprendizagem nas escolas, isto é, a inovação da tecnologia viabiliza o uso de recursos como: projetores, internet, reprodutores de som e imagem, redes sociais. Com isso, a realização do ensino de química com abordagem de métodos didático vinculado a tecnologia, concede o enriquecimento das aulas, além de auxiliar na participação dos alunos para o alcance dos objetivos educacionais (ALVES, 2014).

2.6 Gamificação

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) estão cada vez mais exercendo função na vida da sociedade, seja no âmbito social, cultural e principalmente no meio educacional. Uma vez que, conforme a tecnologia segue por um processo contínuo de evolução, nota-se que parte dos alunos apresentam falta de interesse no modo de ensino “tradicional”. Assim, havendo uma desmotivação pela metodologia desenvolvida pelos docentes e menosprezo à frente ao projeto pedagógico, isto sendo observado pelos professores em sala de aula (PIRES *et al.*, 2019).

Em vista disso, graças à evolução dos meios de comunicação, o desenvolvimento de novos produtos digitais e linguagem de sistemas, observa-se que a sociedade contemporânea exibe uma tendência e interesse em compor as inovações tecnológicas em sala de aula. Dentre os diversos recursos tecnológicos que podem ser atribuídos no âmbito educacional, nota-se que a utilização de jogos digitais está cada vez mais presentes nas escolas como uma ferramenta pedagógica. Dado que, os jogos englobam benefícios que permitem envolver os alunos através de mecânicas e sistemáticas baseadas em estruturas de recompensa, reforço e feedbacks, que potencializam o interesse ao conhecimento (ZICHERMANN; CUNNINGHAM, 2011). Para Furió *et al.* (2013) o ato de jogar, além de motivar prazeres, é um meio do aluno criar habilidades de pensamentos e cognição, estimulando a atenção e memória (FADEL; ULBRICHT; BATISTA; VANZIN, 2014).

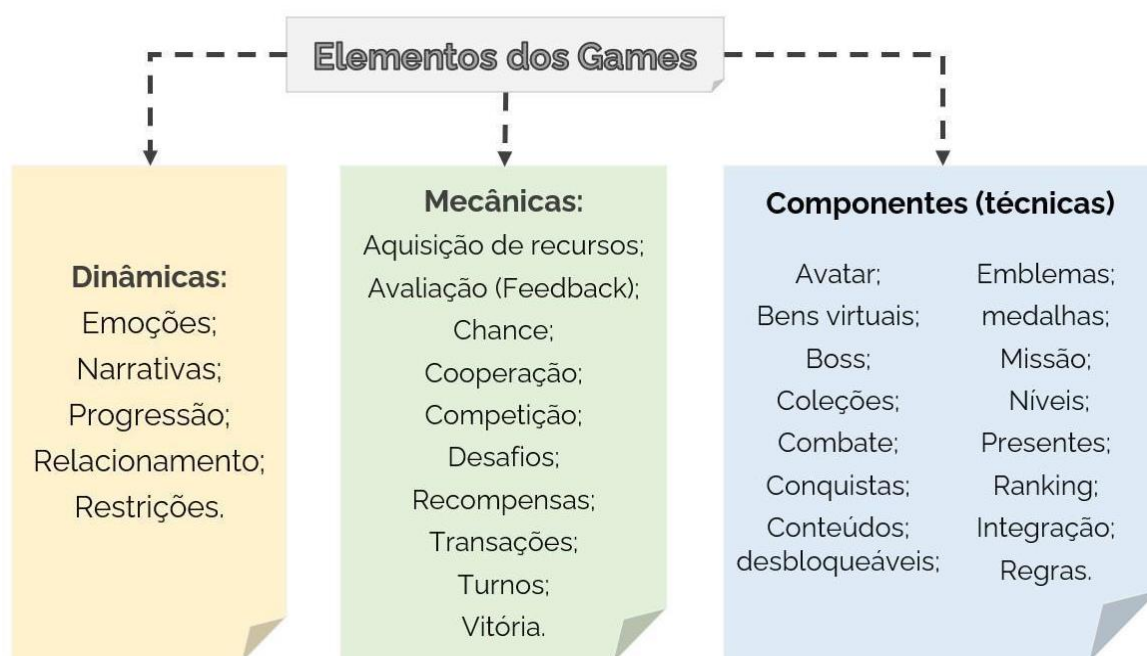
Os jogos integram recursos que atuam com um motor motivacional no indivíduo, contribuindo para o engajamento nos mais variados aspectos e ambientes. De acordo com Vianna *et al.* (2013) o nível de participação do indivíduo no jogo é influenciado pelo grau de dedicação do mesmo às atividades propostas. Esse esforço é traduzido de acordo com a resolução das soluções do jogo, assim, influenciando no processo de imersão, favorecendo um ambiente lúdico e divertido de aprendizagem. Muntean (2011) identifica que o nível de engajamento do sujeito é preponderante para o sucesso em gamificação (MUNTEAN, 2011; FADEL; ULBRICHT; BATISTA; VANZIN, 2014).

Do mesmo modo, Domínguez *et al.* (2013) ressalta que jogos são capazes de promover contextos ficcionais na forma de narrativas, imagens e sons, que atribui benefícios para o processo de ensino. Nos aspectos narrativos, o autor Collantes (2013) aponta que os jogos permitem que o indivíduo possa vivenciar um fragmento de espaço e tempo característicos da vida real em um contexto ficcional e controlado (COLLANTES, 2013; FADEL; ULBRICHT; BATISTA; VANZIN, 2014; DOMÍNGUEZ *et al.*, 2013).

Com isso, a inserção de jogos no contexto educacional é algo a ser cogitado dentro do planejamento pedagógico, esta mesma ideia foi refletida e apresentada pelo sociólogo Roger Caillois (2017, p. 117), citando que, esta atividade é importante para reforçar “o gosto pelo desafio” ou “pela dificuldade vencida”; “a alegria de improvisar, de inventar, de variar ao infinito as soluções”; “de elucidar um mistério, um enigma”; “as satisfações oferecidas”; “o estabelecimento de regras”, “dever de respeitá-las” ou “a tentação de contorná-las”. Posto isso, essas condições motivacionais podem ser encontradas nos jogos, que em síntese, corrobora para o desenvolvimento sentimental do aluno, tanto para melhoramento do aprendizado e também no enriquecimento da sua capacidade criativa na resolução de desafios e situações do cotidiano (CAILLOIS, 2017; KARLO-GOMES; RAMOS, 2022).

A composição estrutural da Gamificação contém objetos que proporcionam o desenvolvimento experimental de maneira atrativa e cativante no aluno. Esta prática de aprendizagem inclui elementos que podem ser aplicados de modo coletivo e/ou individual. Estes elementos que moldam a gamificação podem ser sistematizados em categorias: Dinâmica, mecânica e/ou de componentes (Figura 1) (PEREIRA; LEITE, 2023; LEITE, 2017). Tal arquitetura é fundamental para definir o propósito do jogo, isto é, os princípios da levam a motivação, interação, colaboração, pensamento crítico, enfrentar desafios, estes elementos são explícitos no design do game e estrategicamente utilizá-los para a aprendizagem, forçando o indivíduo à ação, auxiliando a resolver problemas (LEITE, 2017).

Figura 1. Elementos dos jogos por categorias.



Fonte: Adaptado de Leite (2017).

Devido às diversidades dos elementos presentes nos jogos, nota-se a necessidade de planejamento e reflexão prévia para alcançar o desenvolvimento de uma atividade gamificada em sala de aula. Tal relevância é destacada por motivos de existir dois tipos de Gamificação possíveis, a Gamificação de Conteúdo e a Gamificação Estrutural (PEREIRA; LEITE, 2023). Segundo Garone e Nesteriuk (2018):

A gamificação estrutural é a aplicação de elementos dos jogos para impulsionar um jogador a um conteúdo, sem alteração neste. Não é o conteúdo que se torna um jogo, mas a estrutura em torno do conteúdo e o foco principal é a motivação por meio de recompensas, níveis e feedbacks em relação ao seu progresso. É comum também que a gamificação estrutural apresente algum tipo de componente social com a possibilidade de compartilhar as realizações. A gamificação de conteúdo, por sua vez, é a aplicação de elementos dos jogos a fim de alterar o conteúdo para torná-lo parecido com um jogo. Por exemplo, a adição de elementos da história ao início de um curso com um desafio em vez de uma lista de objetivos. A adição desses elementos faz com que o conteúdo se pareça com um jogo (GARONE; NESTERIUK, 2018, p.178).

A Gamificação estrutural consiste em aplicar os elementos presentes nos jogos com objetivo de provocar os indivíduos a participarem das atividades, desenvolvendo a sensação de compensação, isto atraído pelo ambiente, impulsionando o jogador a um conteúdo, sem alteração neste. Diante disso, o foco principal é a motivação por meio de feedbacks e recompensas. Neste caso, este sentimento é repassado principalmente pela estrutura do jogo (PEREIRA; LEITE, 2023; SILVA; FORTUNATO, 2020).

No entanto, distintivamente, a gamificação de conteúdo estimula os participantes por meio da informação e a reorganização do conteúdo, contendo uma arquitetura de modelagem atrativa e instigante. Neste caso, a ideia de aplicar os elementos dos jogos tem finalidade de alterar o conteúdo para torná-lo parecido com um jogo. Bem como, incluir elementos de narrativas, personagem, histórias ao início de um curso com um desafio, tais adições desses elementos faz com que o conteúdo teórico trabalhado tenha semelhança a um jogo (SILVA; FORTUNATO, 2020; PEREIRA; LEITE, 2023).

O jogo Quebra-Cabeça de pH (Figura 2), é um exemplo de Gamificação de Conteúdo, tendo foco na distribuição de informações e na execução dos problemas que estão postos em questão.

Figura 2. Aprendizagem de pH por meio de jogo de Quebra-Cabeça.



Fonte: Ilustração adaptada da plataforma Planeta 42. Disponível em: <https://planeta42.com/chemistry/phpuzzle/game.html>. Acesso em: 25/08/2023.

Neste jogo o aluno tem como desafio distribuir os itens de acordo com seu respectivo valor de pH (Potencial hidrogeniônico), favorecendo a compreensão de conceitos importantes de ácido-base e a escala de pH de certos objetos que fazem parte do dia a dia, sendo: alimentos, produtos de limpeza, aparelho eletrônico e o pH do sistemas presente no nosso orgânico. Nesse sentido, observa-se a possibilidade de contextualizar o ensino de química com o cotidiano por meio de mecanismos que potencializam a interatividade e a motivação do aluno, assim estruturando a sensação de recompensa e feedbacks positivos.

A execução de jogos em ambiente escolar vem crescendo bastante nos últimos anos, visto que, a gamificação é um método de ensino-aprendizagem que atua por meio de mecanismos recreativos, onde sua abordagem concentra-se em alguns fatores, como por exemplo, concluir metas, proporcionar a resolução de problemas práticos, qualificar o lado protagonista dos alunos, assim, trabalhando na capacidade cognitiva voltada para decisões de ações, estas que influenciam diretamente em resultados, além de construir hábitos que permitem despertar o engajamento dos discentes em assuntos na sala de aula (ALVES, 2014). Segundo o autor Fardo (2013):

[...] a gamificação pressupõe a utilização de elementos tradicionalmente encontrados nos games, como narrativa, sistema de opinião, sistema de recompensas, conflito, cooperação, competição, objetivos e regras claras, níveis, tentativa e erro, diversão, interação, interatividade, entre outros, em outras atividades que não são diretamente associadas aos games, com a finalidade de tentar obter o mesmo grau de envolvimento e motivação que normalmente encontramos nos jogadores quando em interação com bons games (FARDO, 2013 p. 02).

Dessa forma, a Gamificação é vista como uma metodologia ativa que proporciona a aplicação de estratégias, ferramentas, elementos, e lógicas comuns em jogos para atividades com objetivos pedagógicos. Nessa perspectiva, o uso de jogos colaborativos ou individuais voltados para o ensino de diversas áreas do conhecimento e os diferentes níveis de ensino é algo ainda a ser explorado.

2.7 A Contextualização da Ciência Forense no Ensino de Química

O Conselho Nacional de Educação (CNE) em 1998, instituiu por meio da resolução nº 03, atribuições e propostas de regulamentação da Base Curricular Nacional e de Organização do ensino médio, dentre os 15 artigos apresentados, o Art. 06 aborda os cinco princípios estruturadores dos currículos: interdisciplinaridade, contextualização, identidade, diversidade e autonomia, que são adotados como estruturadores dos currículos do ensino médio. De modo especial, dois destes princípios articuladores do ensino dos conteúdos/conceitos vêm sendo objeto de amplas abordagens e discussões, quais sejam: a interdisciplinaridade e a contextualização.

A interdisciplinaridade e contextualização estão inclusos nos processos de significação dos conceitos escolares. Todavia, no presente, evidencia-se que estes processos de conhecimentos passam por um quadro de baixa linearidade, tendo características descontínuas e plurais, isto é, no decurso de transmissão de conhecimentos em sala de aula, dificilmente os profissionais empregam debates de assuntos e trazer dinamicidade com abordagens e discussões que trabalham a contextualidade, o que torna o ensino a se limitar a repetições mecânicas (WIRZBICKI; ZANON, 2012).

Nessa linha de pensamento, em referência ao atual sistema da educação, este contém inúmeras obstruções que dificultam o progresso de aprendizagem nas mais diversas áreas (MORAES; MANCUSO, 2004). Trazendo um exemplo recorrente é a falta de profissionalização continuada dos docentes, tornando como resultado a exiguidade de domínio das técnicas didáticas e conceitos científicos de forma abstrata. Similarmente, tais adversidade é vivenciada na área de química, visto que, neste campo é importante que o docente seja capaz de desenvolver métodos criativos que construa condições que possibilitem relacionar o conteúdo teórico, o conhecimento prévio do educando e o contexto social vivenciado (MIRANDA; BRAIBANTE; PAZINATO; OLIVEIRA, 2023).

O planejamento do currículo e a articulação da aprendizagem são integradas nos cinco eixos cognitivos das áreas do conhecimento, que servem como matriz de referência para o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio). No qual, exige do aluno o domínio de

conteúdos/conceitos das diversas linguagens, entre as quais, a linguagem das ciências. Tal requisito é importante para que o estudante seja capaz de fazer uso da linguagem científica e poder firmar seu papel dentro da sociedade. Isto é, apropria-se das linguagens e das formas de pensamento próprias às ciências e saber fazer uso das mesmas para compreender e agir em situações-problema, que diante do seu estudo capacitará o indivíduo frente a situações reais do dia a dia (WIRZBICKI; ZANON, 2012).

Dentre os diversos campos da exatas que são abordados no ensino básico, a Ciência Forense é uma temática pouco recorrente e apresenta de forma direta no dia-a-dia dos alunos, no entanto, esta costuma ser observada frequentemente nas reportagens, artigos publicados em revistas, séries, filmes e de uma forma geral na mídia. Todavia, inúmeros alunos não se dão conta que por trás de toda a elucidação das perícias criminais existe uma grande contribuição de diversos conceitos científicos. Com essa condição, é relevante no papel do professor, proporcionar aos alunos novas oportunidades de compreender esses conceitos que são pouco explorados no ensino básico. Tendo como citação uma notável subdivisão que sucinta a motivação do aluno de maneira interdisciplinar, seria a aprendizagem dos conceitos científicos envolvidos em temas como a Química Forense (PEREIRA, DELGADO e SOUZA, 2015; BARROS, 2018).

De forma minuciosa, a perícia criminal é um ramo que tem como propósito a realização de análises técnico-científicas de uma cena crime. Sua aplicação é fundamentada nos estudos da ciência forense, sendo esta uma área multidisciplinar encarregada de dar o suporte científico necessário à elucidação de crimes através da avaliação de vestígios produzidos e deixados na prática de delitos (GIRELLI, 2015). Assim, os conhecimentos no campo da investigação forense têm como função em atender os aspectos de interesse judiciário e desvendar a forma como sucedeu um determinado evento e o possível autor do crime (KANCHAN; KRISHAN, 2018).

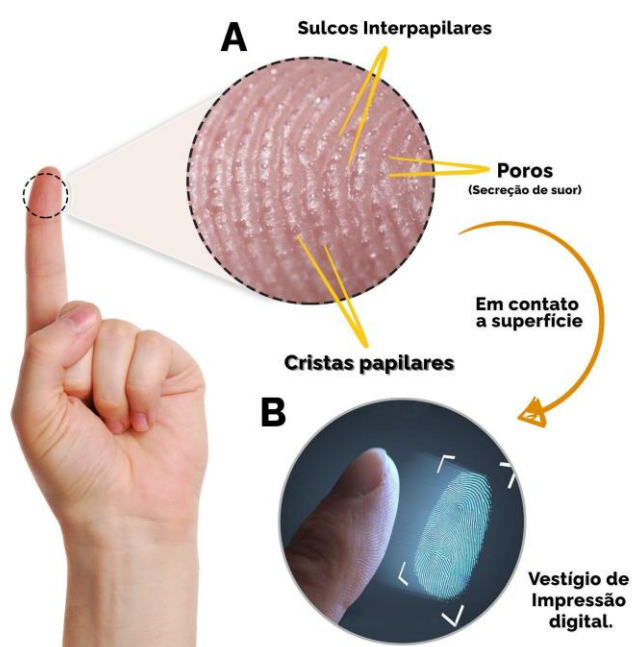
Nesse cenário, compreende-se que as atividades experimentais que são desenvolvidas nas oficinas temáticas que abordam conteúdos de química e perícia criminal, colocam os estudantes em situações que levam a realizarem pequenas pesquisas/investigações, assim fazendo com que os discentes tenham o reconhecimento e o valor do trabalho coletivo e individual da investigação. À vista disso, na química forense há variadas técnicas e análises químicas, bioquímicas e toxicológicas que são utilizadas para ajudar a entender a face sofisticada e complexa dos crimes. Fazendo uma citação as principais técnicas químicas que são empregadas para investigação de crimes são: testes colorimétricos, técnicas cromatográficas, datiloscopia criminal, testes presuntivos para detecção de fluidos e estudo de balística forense. A vista disso,

tais técnicas citadas tem como fundamento nas áreas da química, que compõem tanto os métodos analíticos, inorgânicos, orgânicos e físico-químicos (SILVEIRA; CABRAL; QUEIROZ, 2021; MIRANDA; BRAIBANTE; PAZINATO; OLIVEIRA, 2023).

Na química forense, a técnica de identificação de impressão digital é um dos métodos mais utilizados nos processos investigativos, sua aplicação é baseada nos estudos da datiloscopia, que se compromete em identificar padrões formados pelas papilas dérmicas presentes nas pontas dos dedos, que são ondulações originadas do encontro entre a derme e a epiderme, isto permite formar configurações distintas em cada indivíduo. Essas ondulações originadas das papilas dérmicas (Figura 3) têm extremos chamados “cristas” (parte mais alta) e “sulcos” (parte mais baixa), portanto, quando tocamos em uma superfície lisa e não adsorvente, o suor e gordura presente nas pontas dos dedos deixam uma marca das cristas das papilas dérmicas (CARNEIRO; SILVA; DUARTE, 2018; MONTENEDRO *et al.*, 2012; GUERREIRO; SAMPAIO, 2019).

Nas glândulas sudoríparas, sebáceas e apócrinas presentes no corpo humano e responsáveis pela excreção de gorduras e óleos corporais encontram-se compostos orgânicos, como os cloretos, íons metálicos, a amônia, sulfatos, fosfatos, a água e o ferro, e compostos inorgânicos, que podem ser exemplificados por compostos como aminoácidos, o ácido láctico, açúcares, a creatinina, o ácido úrico, ácidos graxos, glicerídeos, hidrocarbonetos, carboidratos, entre outros. (CHEMELLO, 2006, p. 5)

Figura 3. Pontos característicos da impressão digital.



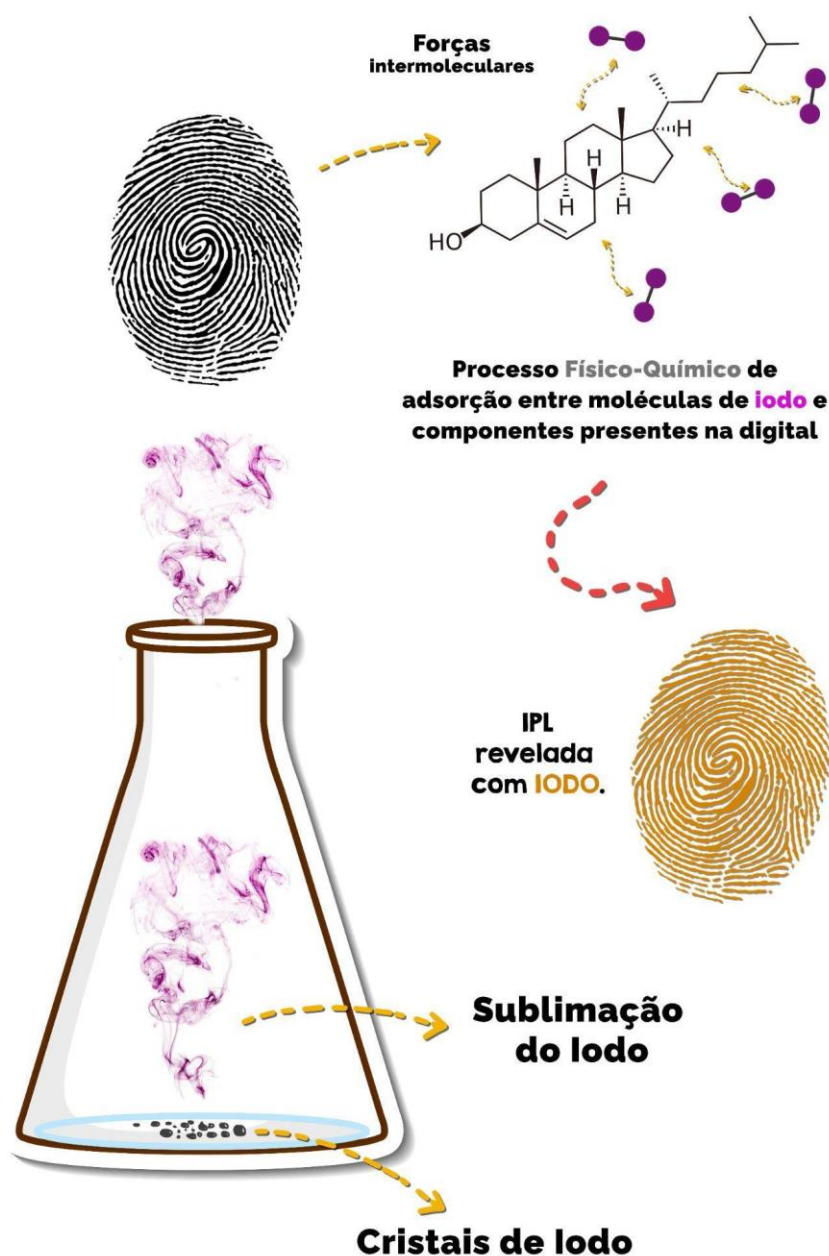
Fonte: Próprios autores, 2023.

Na investigação criminal o processo de aplicação dos principais mecanismos utilizados na química forense para a revelação de impressões digitais latentes, que são baseadas na execução de técnicas químicas, na qual, o tipo de método selecionado dependerá de alguns fatores, bem como a superfície onde será analisada a impressão e a afinidade química com os componentes presentes na digital. Neste contexto, a técnica que será aplicada para a revelação de Impressões Papilares Latentes (IPL) é a utilização de vapor de iodo, ninidrina e a técnica do pó (comumente utiliza-se carvão) (SEBASTIANY *et al.*, 2013).

A implementação da técnica de vapor de iodo para a revelação de IPL é um método vantajoso em relação às demais, isto devido ao baixo custo e a possibilidade de ser utilizada antes de outras sem danificar a impressão digital. Partindo do princípio químico, o iodo é um sólido com coloração cinza-violeta, perceptivelmente volátil à temperatura ambiente. Se aquecido rapidamente, o iodo acaba por sublimar (passar diretamente do estado sólido para o gasoso), para essa mudança de estado deve-se fornecer calor, este podendo ser até mesmo proveniente do ar que expiramos ou até mesmo do calor de nossas mãos direcionado sobre os cristais. Seu vapor tem coloração acastanhada e, quando em contato com as componentes químicas da impressão (Figura 4), forma um produto de coloração marrom amarelada. O vapor interage com a impressão através de uma adsorção física, não havendo reação química (SEBASTIAN *et al.*, 2013; SANTOS; AFONSO, 2013).

O processo de interação química presente na técnica do vapor de iodo é explicado através das interações intermoleculares que ocorre entre o iodo e os compostos apolares e polares contidos nas IPLs. De maneira minuciosa, as interações intermoleculares estão intimamente relacionadas com as propriedades termodinâmicas de líquidos, sólidos e gases. Neste tipo de interação as moléculas se atraem ou se repelem entre si, sem que ocorra a quebra ou formação de novas ligações químicas. Essas forças classificadas em tipos, sendo estas as forças íon-dipolo, forças dipolo-dipolo, forças dipolo-dipolo induzido, forças dipolo induzido-dipolo induzido (Forças de dispersão de London) e ligações de hidrogênio.

Figura 4. Revelação de impressões digitais por meio da técnica do vapor de iodo.



Fonte: Próprios autores, 2023.

Aproveitando-se desse contexto, em alusão a situações de ensino, a química forense pode ser empregada como instrumento pedagógico para divulgar a ciência de modo geral, cooperando para a descentralização da aprendizagem, assim fugindo da bolha escolar. Dessa forma, diversos autores apontam possibilidades de promoção do ensino de ciências utilizando a química forense por meio de diversas metodologias e estratégias de ensino, como a contextualização, a experimentação, os jogos, o teatro, as oficinas temáticas, os recursos audiovisuais, dentre outros (SILVEIRA; CABRAL; QUEIROZ, 2021).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

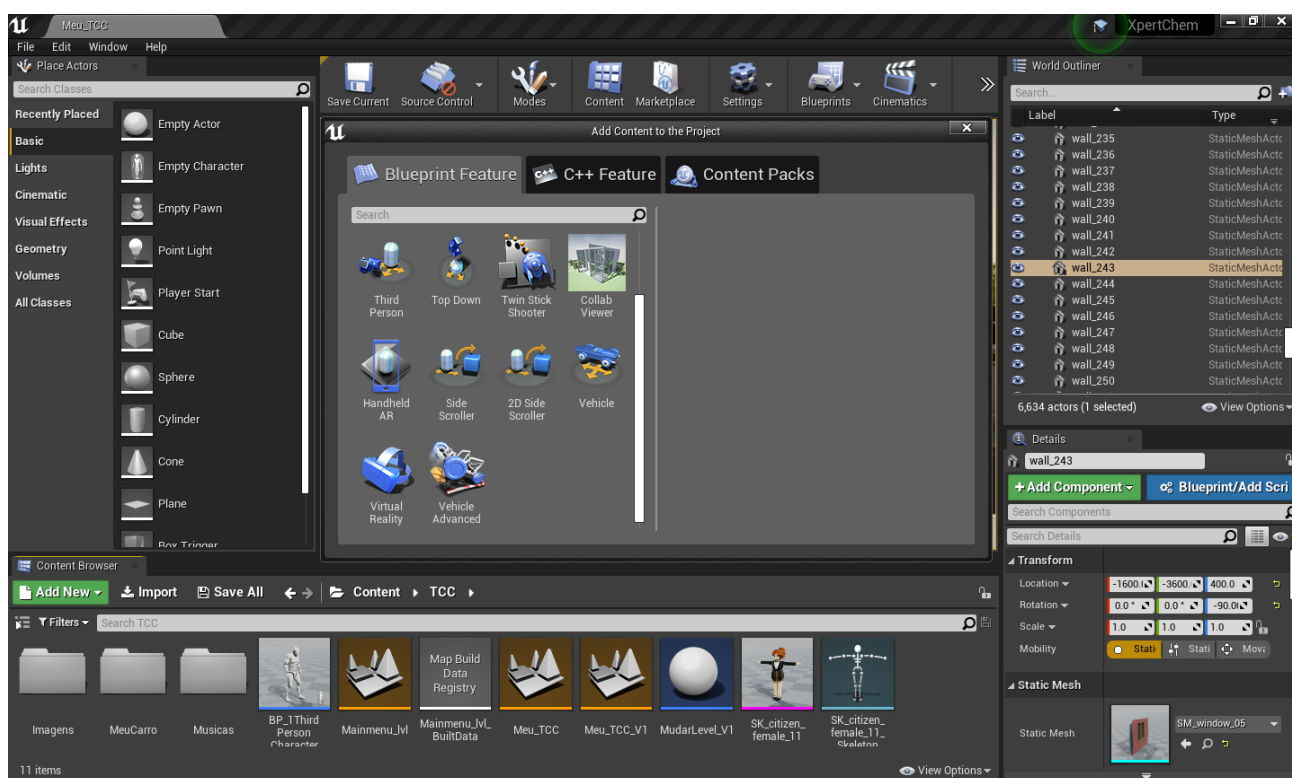
3.1 Levantamento Bibliográfico

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa qualitativa baseada em artigos, revistas e livros publicados nas bases de dados *online* Pubmed, Science Direct, Scielo, Capes e Google Scholar. Foram analisados trabalhos publicados no período de 2010 a 2023, utilizando os descritores “Metodologias ativas e o ensino de Química”, “A Gamificação no ensino de Química”, “Química Forense e Gamificação”. Em seguida, por meio da análise dos materiais, foram selecionados os conteúdos técnicos-científicos que serviram para o embasamento teórico do jogo.

3.2 Programa Unreal Engine 4

O processo de criação do jogo (*XpertChem Forensic*) foi sistematizado com utilização do *software freeware Unreal Engine 4* (versão 4.27.02, 2021) (disponível em: <https://www.unrealengine.com>) (Figura 5).

Figura 5. Menu principal da Unreal Engine 4.



Fonte: Próprios autores, 2023.

A *Unreal Engine 4 (UE4)* é um programa que foi desenvolvido em 2014 pela produtora Epic Games. Seu lançamento promoveu uma enorme revolução no realismo gráfico para diversos campos da indústria, isto devido a sua estrutura incluir um amplo conjunto de ferramentas que garante o desenvolvimento de jogos interativos, animações, design em arquitetura, programas de simulação virtual, produções em cinema e televisão, elaboração de protótipos em Realidade Virtual (RV) para o setor comercial, além da possibilidade de transmissão de conteúdos e/ou eventos ao vivo (Figura 5). À vista disso, a UE4 é um dos motores mais potentes para renderização gráfica, sendo utilizado tanto por amadores, quanto por profissionais. A UE4 também é multiplataforma, possibilitando a implementação de soluções para diferentes sistemas: Windows, MacOS, Linux, Xbox, Playstation, Steam OS, Android, iOS, etc (CHU; ZAMAN, 2021; ZHANG *et al.*, 2018).

A UE4 utiliza a linguagem de programação C++, que traz flexibilidade e eficiência no desenvolvimento de projetos, sendo esta uma das linguagens mais populares utilizadas no desenvolvimento de jogos. O seu mecanismo de programação baseia-se no uso de *Blueprint Visual Scripting* ou simplesmente Blueprints, que foi desenvolvida com intuito de suportar o fluxo de trabalho de designers e artistas. Os Blueprints é um sistema de programação visual usado para a orientação de objetos, sendo a base para a criação dos elementos do jogo. Essa mecânica possui um agrupamento de script de visualização, que facilita a edição de objetos e interações, modificação de interfaces de usuário, ajuste de controles de entrada e muitas outras operações sem a necessidade do controle de código. Tal mecânica de script oferece praticamente todos os recursos que uma linguagem de programação tradicional possui: operações aritméticas, comparações, loops, declaração de variáveis e funções (ZHANG *et al.*, 2018; MACEDO; SERPA; RODRIGUES, 2015).

3.3 Criação e desenvolvimento do jogo

O jogo XpertChem Forensic é uma ferramenta didática que tem objetivo em propor um aspecto alternativo de ensino-aprendizagem de Química por meio da contextualização de conceitos presentes na Química Forense. Com isso, o jogo é baseado em uma narrativa de mundo aberto em formato 3D, na qual, a sua jogabilidade tem projeção de espaço-tempo representada em formato de terceira pessoa (Figura 6).

Figura 6. Menu principal do Jogo (XpertChem Forensic).



Fonte: Próprio autor, 2023.

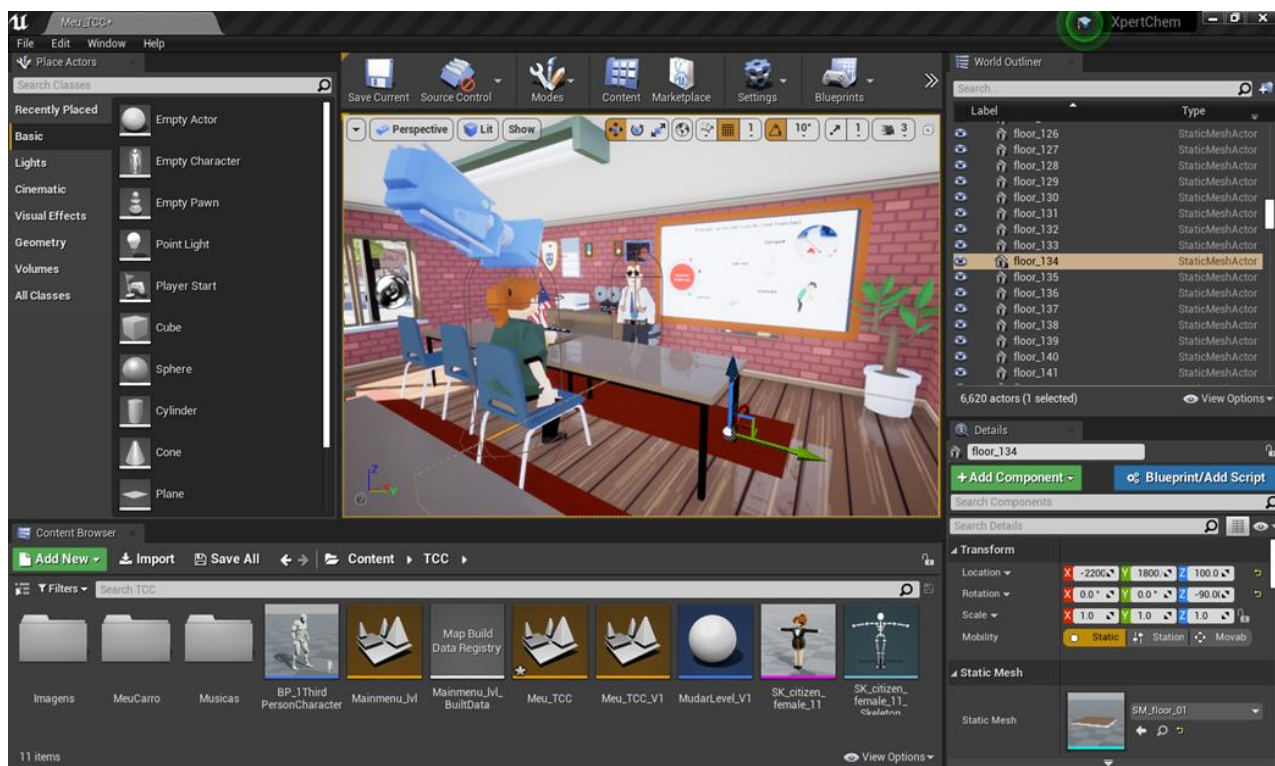
3.4 Narrativa e contextualização de química

De início, o jogo é baseado em uma narrativa de ficção científica transmitida pelo protagonista “Walter Bishop”, que é um profissional experiente na área de química forense. O papel do personagem consiste em aplicar os conhecimentos da química e outras áreas das ciências forenses para esclarecer casos de crimes de natureza judicial como assassinatos, fraudes entre outros. Isso através da utilização de métodos científicos, que envolve a investigação de cenas de crimes, objetos, amostras coletadas nos locais do crime e as próprias vítimas.

3.5 Métodos forenses utilizados no XpertChem Forensic

O jogo interpreta a química forense nas primeiras fases com a exibição de uma micro aula, esta foi elaborada e transmitida em formato de áudio e vídeo (Figura 7), o objetivo da aula é trazer conceitos introdutórios sobre a Perícia criminal e a abordagem dos principais estudos e métodos da química forense, sendo estes os tópicos sobre: Os tipos de vestígios encontrados em cenas de crime, bem como substâncias orgânicas e inorgânicas, o estudo da datiloscopia (revelação IPLs), técnicas para identificação de drogas (Teste de Scott) (Figura 8). Dentre os tópicos destacados, o método forense com maior enfoque neste trabalho é a abordagem da técnica do vapor de iodo para identificação de impressões digitais.

Figura 7. Demonstração da produção da Micro Aula na Unreal Engine 4.



Fonte: Próprio autor, 2023.

Figura 8. Micro Aula em formato de apresentação.

Principais provas em locais de crime

Impressões e marcas

Objetos pessoais

Pelos Fios de cabelo

Projéteis de armas de fogo

Célula de tecido humano

Poeiras e cinzas

Métodos Clássicos

Testes colorimétricos (teste de Scoot)

Desenvolvido em 1973, o teste de Scoot é um dos mais utilizados para detectar cocaína, sendo baseado na reação de complexação da cocaína com o tiocianato de cobalto e na formação de um líquido de coloração azulada quando o resultado é positivo.

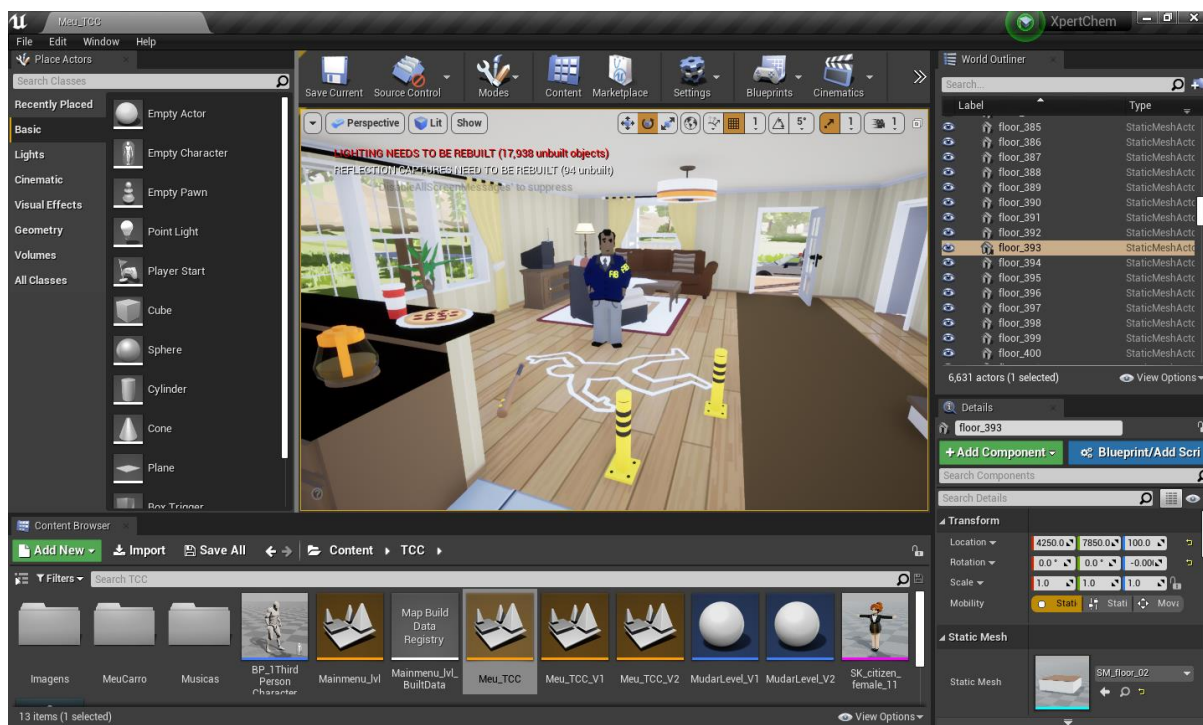
Complexação do tiocianato de cobalto e Cocaína (Cor Azul)

Líquido de coloração Azul (Positivo para Cocaína)

Fonte: Próprio autor, 2023.

Em seguida, com o término da aula o aluno é convocado a desenvolver a resolução de problemas e desafios, na qual, o discente assume o papel do protagonista (perito químico) e através de um trabalho investigativo é encaminhado a desvendar um caso criminal (Figura 9). Nesta investigação são trabalhados os tópicos aprendidos na micro aula a respeito da técnica de revelação de IPLs.

Figura 9. Demonstração da produção da cena de crime na Unreal Engine 4.



Fonte: Próprio autor, 2023.

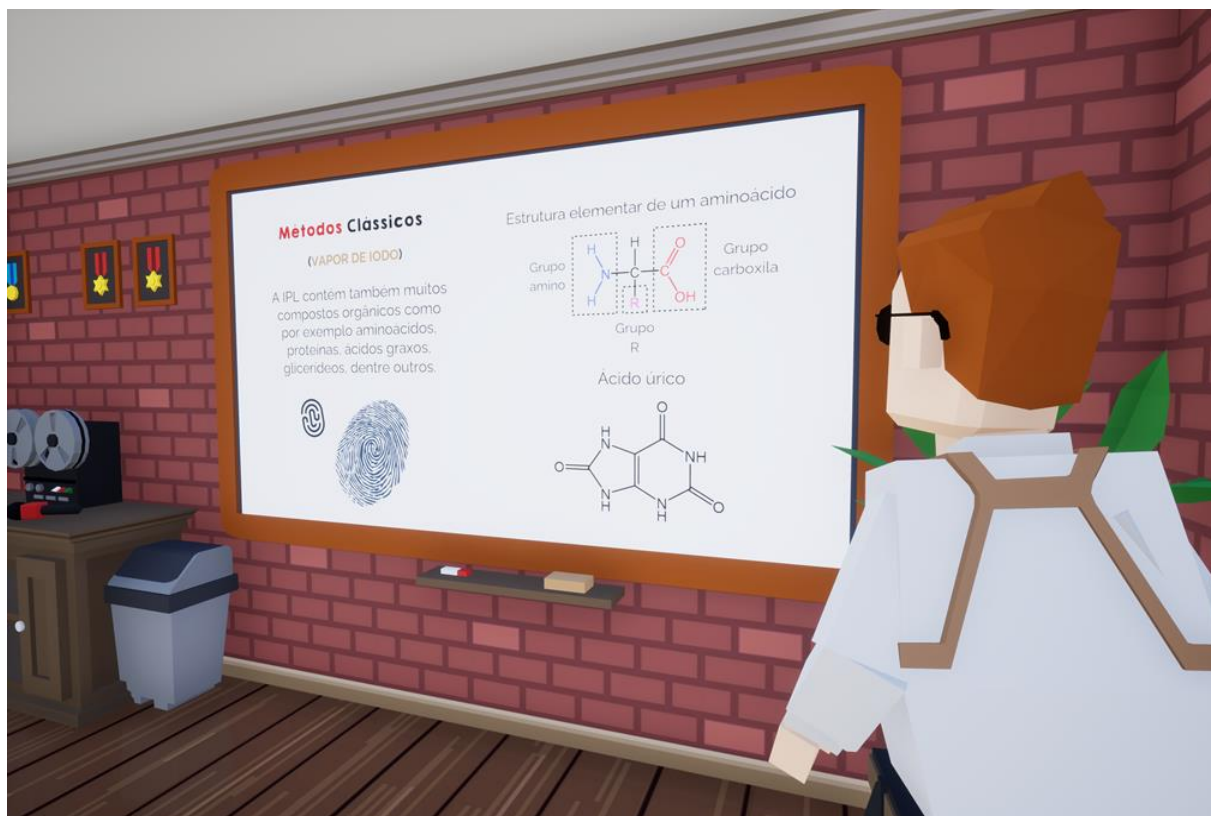
Finalmente, o exercício destas atividades de forma lúdica e contextualizada proporcionará ao discente a compreensão de determinados conceitos de química da mesma natureza que são explorados no ensino médio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Partindo do princípio da gamificação, o jogo XpertChem Forensic tem enfoque em auxiliar no desenvolvimento da aprendizagem de química por meio da aplicação de mecanismos presentes nos jogos. O ensino trabalhado no jogo corrobora no entendimento de diversos conceitos química de maneira investigativa e atrativa, uma vez que, os conteúdos contextualizados no enredo estão associados a assuntos de química trabalhados no ensino médio, sendo estes, a identificação de ocorrência de reações químicas, interações intermoleculares e seus tipos, reações de complexação, funções orgânicas e inorgânicas. É importante ressaltar que, de acordo com Carvalho e colaboradores (2006), só há disseminação do conhecimento quando existe uma absorção pelo receptor, neste caso, o aluno.

Trazendo alguns dos tópicos que foram transmitidos em jogo, é possível observar na figura 10, a técnica de revelação de impressões digitais, descrevendo da utilização de iodo na identificação de manchas latentes, neste processo o aluno compreende sobre a composição química das IPL (água, sais, aminoácidos, ácidos carboxílicos, lipídios), como a afinidade química dessas substâncias em meio a iodo molecular.

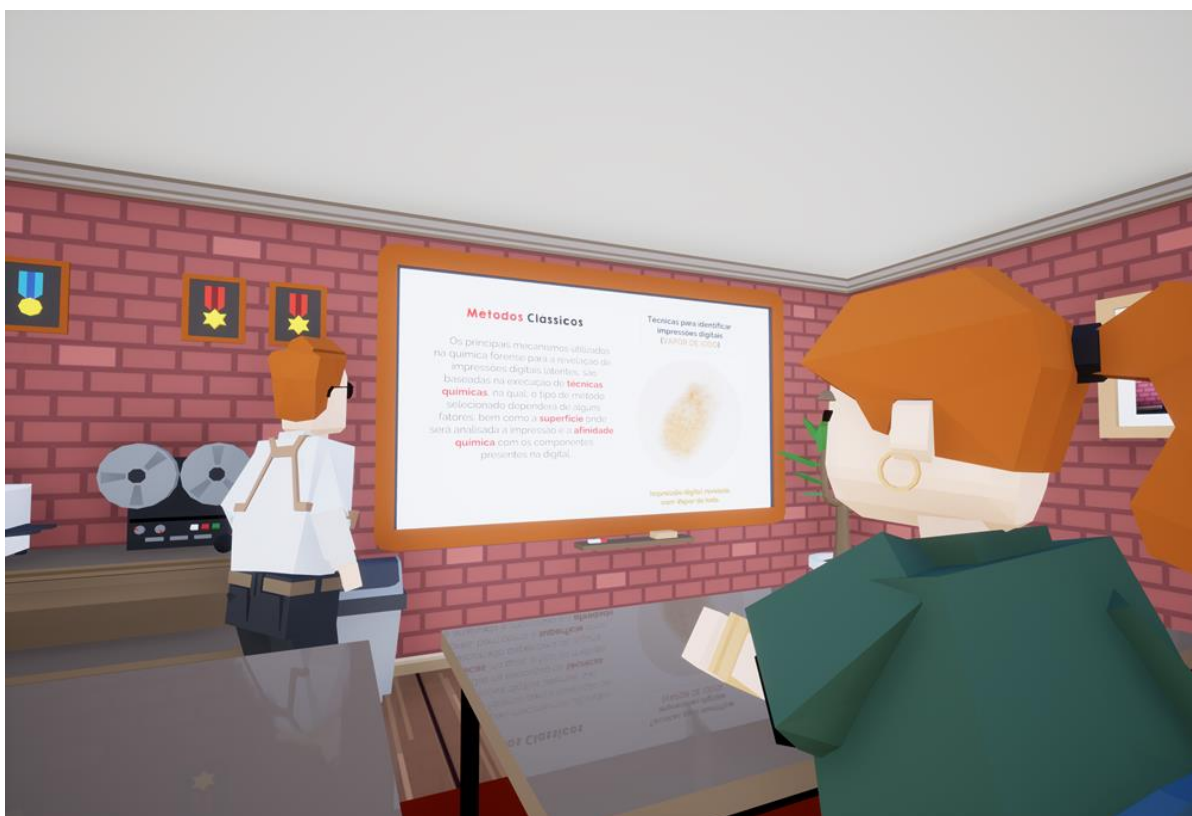
Figura 10. Visão do aluno no momento da explicação da composição química das IPLs.



Fonte: Próprios autores, 2023.

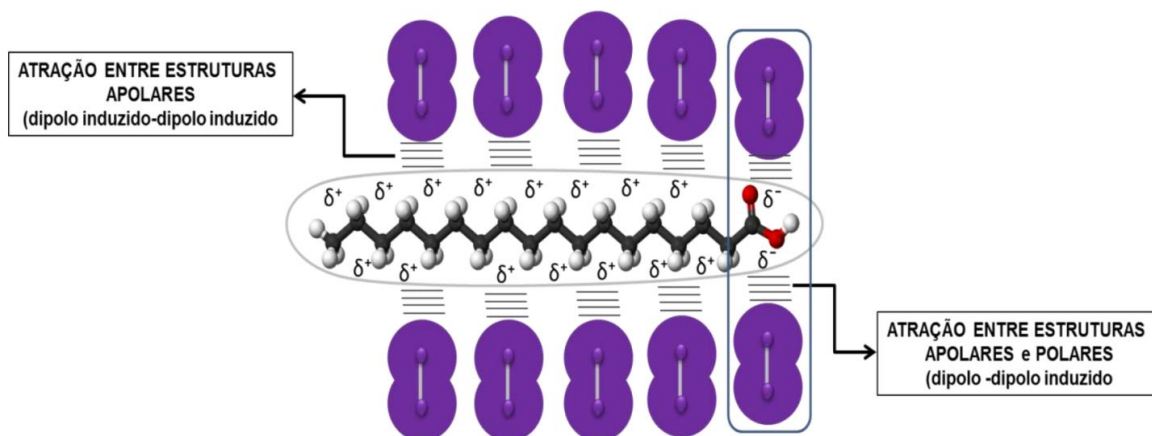
Em sequência, na figura 11, o discente compreende a química do método vapor de iodo, dado que, a interação entre as substâncias químicas e a molécula de I_2 são caracterizadas como interações fracas e são denominadas de adsorção física em uma linguagem mais técnica. O iodo (I_2), tem característica apolar, interage por interações dipolo induzido-dipolo induzido e dipolo-dipolo induzido (Figura 12), tendo como resultado desta interação química a revelação da impressão digital (cor castanha).

Figura 11. Revelação de IPLs através da técnica do vapor de iodo durante a micro aula.



Fonte: Próprios autores, 2023.

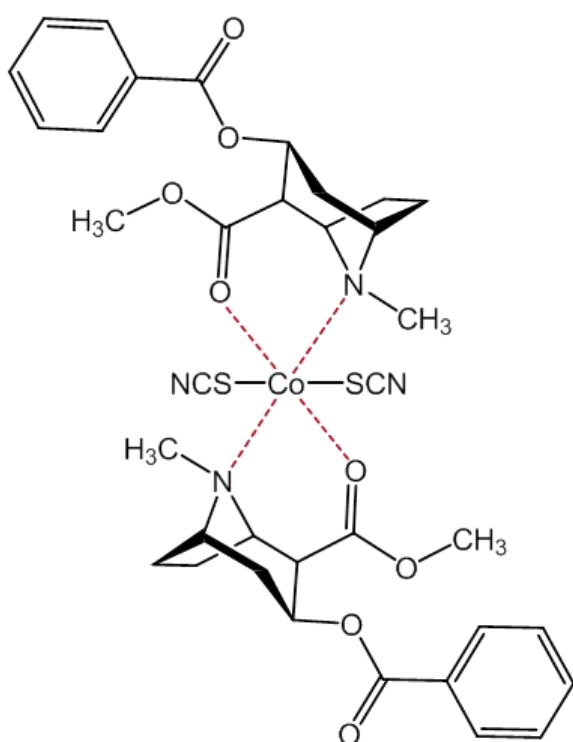
Figura 12. Interações intermoleculares entre iodo e ácido graxo.



Fonte: SERIBELI, 2019. Disponível em: <https://www.revistafpsr.com/v7n23p18-36.pdf>.

O teste de Scott é dos métodos químico trabalhando em jogo, esta técnica é utilizada para identificar o cloridrato de cocaína em campo e em laboratório como pré-teste (ou triagem), este método foi criado por Scott em 1973 e modificado por Fasanello e Higgins para que pudesse ser aplicado para o crack. O teste de Scott é realizado utilizando uma solução de tiocianato de cobalto em meio ácido, que na presença de cocaína, produz um complexo de cobalto II de coloração azul (Figura 13) (CONCEIÇÃO *et al.*, 2014).

Figura 13. Reação de complexação entre cocaína e tiocianato de cobalto formando uma solução de cor azul para resultado positivo.



**Complexação do tiocianato
de cobalto e Cocaína
(Cor Azul)**



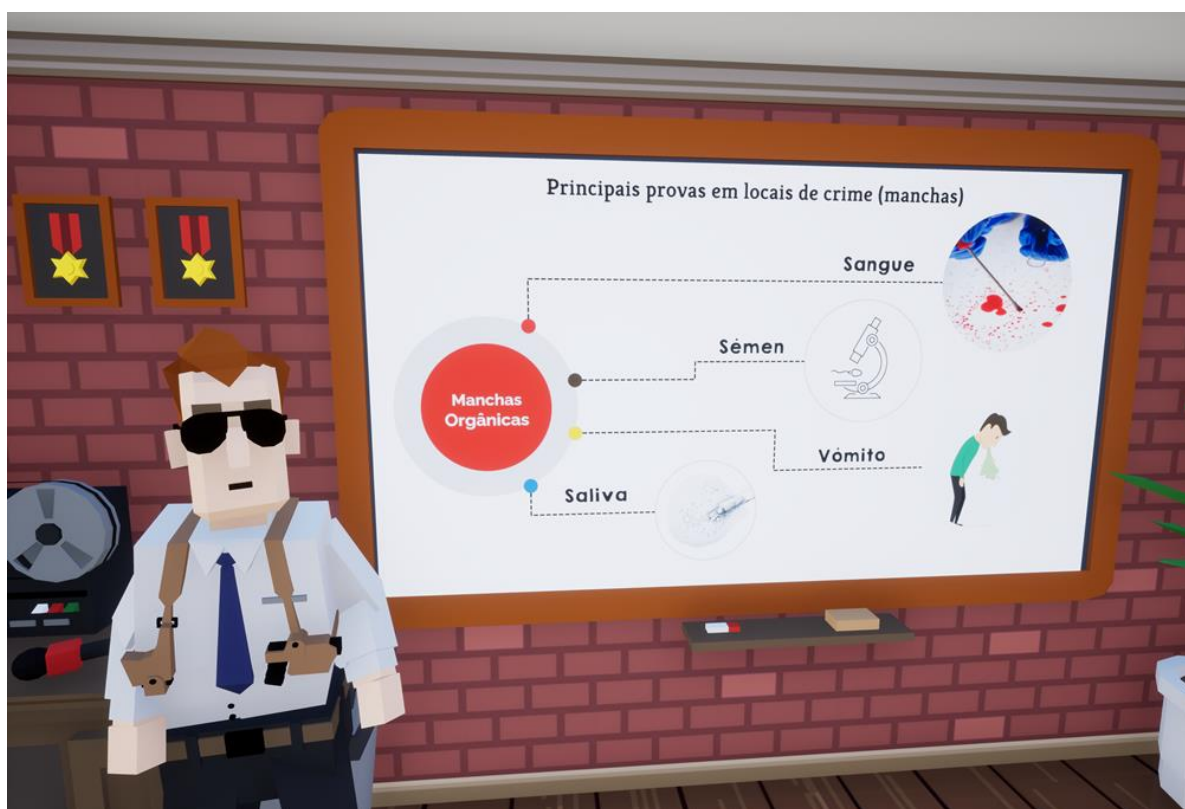
**Líquido de coloração Azul
(Positivo para Cocaína)**

Fonte: Próprios autores, 2023.

Em uma cena de crime, é de suma importância o perito químico saber fazer o mapeamento, a identificação e a coleta das possíveis provas deixadas no local do ato, uma vez que, é necessário escolher os métodos apropriados para o prosseguimento da investigação. Estes padrões rígidos são aplicados nessas etapas para garantir a autenticidade e integridade das amostras, bem como a privacidade e confidencialidade dos resultados nelas obtidos. à vista

disso, o jogo traz durante a apresentação da micro aula, os tipos de manchas químicas que podem ser encontradas em uma cena (Figura 14). As manchas podem apresentar características tanto inorgânicas (pólvora, tinta, venenos, entre outros), e orgânicas (sangue, saliva, fluido seminal), a partir dessa observação científica, o aluno consegue fazer uma correlação da química e os aspectos presentes no cotidiano.

Figura 14. Ilustração em terceira pessoa do jogador ao longo da explicação sobre manchas orgânicas encontradas em cenas de crimes.



Fonte: Próprios autores, 2023.

O processo de investigação baseada na experimentação, é uma condição que corrobora para a construção significativa de aprendizagem no aluno, tendo em vista disso, o game XpertChem Forensic, propõe ao aluno momentos que contêm missões e desafios, transmitida por um ambiente de simulação ficcional. Nesta atividade o aluno passa a observar a narrativa do jogo com a visão de um perito, trabalhando em função da atividade investigativa (Figura 15), no qual, o aluno recebe orientações para investigar um caso de homicídio.

Figura 15. Ilustração da etapa de investigação que envolve o reconhecimento do local de uma cena de crime.



Fonte: Próprios autores, 2023.

Neste desafio, o aluno deve utilizar de seu conhecimento adquirido pela aula, e através do reconhecimento de vestígios, o discente deve propor possíveis métodos químicos que possam servir para a obtenção de provas. Na figura 16 observa-se que no ambiente de crime contém objetos próximos ao local onde ocorreu o ato.

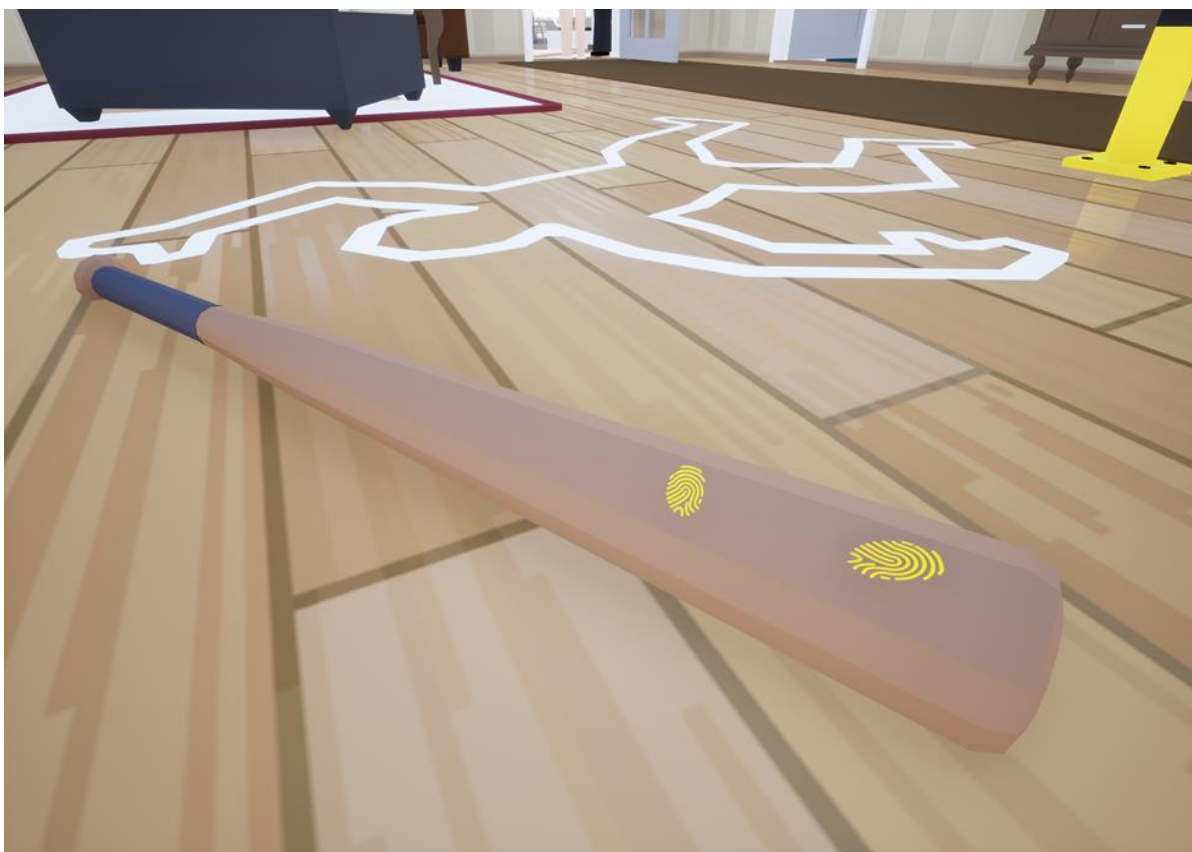
Figura 16. Processo investigativo com abordagem do reconhecimento e coleta de vestígios em cena de crime.



Fonte: Próprios autores, 2023.

O método selecionado na investigação foi a técnica do vapor de iodo (figura 17), nesta parte do enredo o aluno consegue visualizar a importância do método para a identificação de indivíduos, uma vez que, realizou-se a busca de possíveis suspeitos que tinham correlação próxima a vítima. Consequentemente, por meio dessa atividade foi identificado que a uma das pessoas que habitavam na residência, havia a mesma digital encontrada no objeto deixado na cena de crime (Figura 18).

Figura 17. Ilustração da identificação de impressão digital em objeto por meio da técnica do vapor de iodo.



Fonte: Próprios autores, 2023.

Figura 18. Etapa de investigação que retrata a identificação de suspeitos por comparação da impressão digital revelada por meio da técnica do vapor de iodo.



Fonte: Próprios autores, 2023.

Por fim, após a realização dos procedimentos necessários para elucidar o caso, o suspeito de cometer o ato, recebeu as devidas punições, resultando em sua condenação (Figura 19). Por seguinte, o discente finaliza o primeiro caso criminal.

Figura 19. A condenação do autor do crime após o resultado da análise comparativa das impressões digitais.



Fonte: Próprios autores, 2023.

Dessa forma, O jogo XpertChem Forensic é uma ferramenta de aprendizagem que tem como proposta em oferta aos docentes, uma aula mais dinâmica e contextualizada e aos discentes uma aprendizagem mais motivadora e lúdica, fazendo com o que eles consigam construir o seu conhecimento e compreender que a Química está presente no seu dia-a-dia (Quadro 1).

Quadro 1. Atividades que trabalham aprendizagem de Química.

Abordagem em Jogo	Relacionados ao conteúdo de química
O estudo dos métodos clássicos na química forense	Reações de complexação, Interações Intermoleculares, solubilidade, reação de oxirredução, identificação de grupos funcionais e a ocorrência de reações químicas.
Identificação de materiais encontrados em cenas de crime	Compostos orgânicos e inorgânicos
A ciência da perícia criminal	Abordagem interdisciplinar das disciplinas de Física, Biologia e Química.

Fonte: Próprios autores, 2023.

Vale ressaltar que, o jogo está na sua fase de teste, no qual, posteriormente, pretende-se a complementação de mais conteúdos e níveis. Além disso, planeja-se divulgar o jogo digital em eventos científicos nas áreas de Química e Educação, assim como também criar e desenvolver um aplicativo (App) que poderá ser baixado e instalado em computadores e aparelhos celulares.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados e discutidos, pode-se concluir que o jogo “XpertChem Forensic” possui um potencial significativo no que se refere ao ensino e aprendizagem de química.

Apesar de suas limitações, os objetivos do jogo foram atingidos, visto que, a execução de metodologias diferenciadas para o ensino de Química é extremamente importante, pois facilita a assimilação de conceitos e em consequência disso, desenvolve uma aprendizagem mais eficaz, assim, através do jogo apresentado, foi possível identificar os aspectos da gamificação que corroboram no processo de ensino, bem como, a interação social, pensamento crítico, discussão, desafio, imersão, assim como a motivação.

Em relação à temática presente no jogo, mesmo sendo um assunto pouco explorado, desenvolver uma aprendizagem baseada em conceitos que são habitualmente utilizado em perícias criminais, possibilita estimular a curiosidade e o despertar do interesse discente, uma vez que, o jogo “XpertChem Forensic” proporciona aos estudantes a reflexão sobre os eventos que lhes foram apresentados, percebendo como a química está inserida não apenas em investigações criminais, mas nas diversas situações que podem ser encontradas no cotidiano.

Por fim, esta pesquisa possibilita a percepção da necessidade de inovação metodológica no ensino de química. O XpertChem Forensic” é uma proposta capaz de contextualização de conceitos, além de proporcionar o desenvolvimento cognitivo e crítico dos estudantes. Assim, é possível assegurar sua relevância no âmbito educacional inserido no ensino de química, sendo utilizado como forma de diminuição do ensino tradicionalista.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALVES, Flora. Gamification - Como criar experiências de aprendizagem engajadoras um guia completo: do conceito à prática. São Paulo: DVS, 2014. Disponível em:

<https://www.google.com.br/books/edition/Gamification/VO-MBAAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&pg=PT5&printsec=frontcover>. Acesso em: 09/08/2023.

BARROS, Vanine Vanila Silva de. Jogos no contexto da química forense como possibilidade para o ensino de Química. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto de Química Universidade de Brasília, p. 33, 2018. Disponível em:

https://bdm.unb.br/bitstream/10483/22474/1/2018_VanineVanilaSilvaDeBarros_tcc.pdf. Acesso em: 29/08/2023.

BEINEKE, Viviane. Aprendizagem criativa e educação musical: trajetórias de pesquisa e perspectivas educacionais. vol. 37, n. 01, p. 45–60, 2012. DOI: 10.5902/198464443763. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reeducacao/article/view/3763>. Acesso em: 28/03/2022.

BEINEKE, Viviane. Processos intersubjetivos na composição musical de crianças: um estudo sobre a aprendizagem criativa. Tese (Doutorado em Música) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 289, 2009. Disponível em:

<<http://hdl.handle.net/10183/17775>>.

BERBEL, Neusi Aparecida Navas. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. Semina: Ciências Sociais e Humanas, vol. 32, n. 01, p. 25-40, 2011. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/seminasoc/article/download/10326/10999>. Acesso em: 09/08/2023.

BIANCHINI, Thiago Bufeli. O ensino por investigação abrindo espaços para a argumentação de alunos e professores do ensino médio. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, p. 144, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/90983?locale-attribute=es>. Acesso em: 30/03/2023.

BIANCHINI, Thiago Bufeli. O ensino por investigação abrindo espaços para a argumentação de alunos e professores do ensino médio. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, p. 144, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/71d9276d-de1f-487e-ba9e-64de9b35a0f6/content>. Acesso em: 11/12/2023.

BISPO, Jonata Caetano *et al.* Formação de professores: intervenção pedagógica utilizando metodologias ativas no ensino de química. Diversitas Journal, vol. 08, n. 03, p. 3075-3087, 2023. Disponível em:

https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/2659/2226. Acesso em: 17/11/2023.

BORGES, Livia Freitas Fonseca. Um currículo para formação de professores. In: VEIGA, I. P. A.; SILVA, E. F. (orgs). A escola mudou que mude a formação de professores. Campinas-SP: Papyrus, 2010.

BOROCHOVICIUS, Eli; TORTELLA, Jussara Cristina Barboza. Aprendizagem Baseada em Problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. Ensaio: aval. pol. públ. Educ., Rio de Janeiro, vol. 22, n. 83, p. 263-294, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ensaio/a/QQXPb5SbP54VJtpmvThLBTc/?format=pdf>. Acesso em: 30/03/2023.

CAILLOIS, Roger. Os jogos e os homens: a máscara e a vertigem. Tradução: Maria Ferreira; Revisão técnica da tradução: Tânia Ramos Fortuna. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2017. Título original: Les jeux et les hommes: le masque et le vertige.

CALABRIA, Pauline Henriques; NÓBILE, Márcia Finimundi. Neurodidática e metodologia ativa no ensino: uma relação eficaz. Educere et Educare, vol. 18, n. 45, p. 316–329, 2023. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/educereeteducare/article/view/26432>. Acesso em: 17/10/2023.

CARCANHOLO, Flávia Pimenta de Souza. A aprendizagem criativa do sujeito: um estudo à luz da Didática Desenvolvimental e da Teoria da Subjetividade. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG, p. 268, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/30119/1/AprendizagemCriativaSujeito.pdf>. Acesso em: 26/06/23.

CARNEIRO, Ana Paula Cavalcante; SILVA, Gutemberg Souza; DUARTE, Maria Luisa. Identificação humana de corpo decapitado e remanescentes de uma cabeça por estudo comparativo de DNA - Relato de caso. Perspectivas em Medicina Legal e Perícia Médica, vol. 03, n. 02, 2018. Disponível em: <https://www.perspectivas.med.br/2018/06/identificacao-humana-de-corpo-decapitado-e-remanescentes-de-uma-cabeca-por-estudo-comparativo-de-dna-relato-de-caso/>. Acesso em: 11/12/2023.

CARVALHO, Antonio Ramalho de Souza; MASCARENHAS, Carlos Cezar de; OLIVEIRA, Edson Aparecida de Araújo Querido. Ferramentas de disseminação do conhecimento em uma instituição de c,t&i de defesa nacional. Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação. vol. 3, No. 2, p. 77-92 , 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jistm/a/qKTcj5RPGNHGQLFPN4kbKSP/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20/10/2020.

CHEMELLO, Emiliano. Ciência forense: impressões digitais. Química Virtual. p. 01-11, 2006. Disponível em: https://issuu.com/chemelloe/docs/2006dez_forense1. Acesso em: 11/12/2023.

CHU, Eric; ZAMAN, Loutfouz. Exploring alternatives with Unreal Engine's Blueprints Visual Scripting System. Entertainment Computing, vol. 36, p. 100388, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875952120300963>. Acesso em: 26/09/2023.

COLLANTES, Xavier Ruiz. Juegos y viedojuogos. Formas de vivencias narrativas. In: SCOLARI, Scolari, Carlos Alberto. Homo Videoludens 2.0. De Pacman a la gamification. Col·lecció Transmedia XXI. Barcelona, p. 304, 2013. Disponível em: <https://www.articaonline.com/wp-content/uploads/2014/02/Homo-Videoludens-2-0-De-Pacman-a-la-gamification.pdf>. Acesso em: 22/08/2023.

CONCEIÇÃO, Vitor N *et al.* Estudo do teste de Scott via técnicas espectroscópicas: um método alternativo para diferenciar cloridrato de cocaína e seus adulterantes. *Química Nova*, vol. 37, n. 9, p. 1538–1544, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/kW8FYM457KHsRGmHSptqPzx/#>. Acesso em: 04/12/2023.

DEBOER, George E. Historical perspectives on inquiry teaching in schools. In: *Scientific inquiry and nature of science*. Springer, Dordrecht, 2006. p. 17-35. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-5814-1_2. Acesso as 09/08/2023.

DO NASCIMENTO, Ernandes Rodrigues *et al.* Narrativas digitais para uma aprendizagem significativa no Ensino Superior: qual a percepção dos estudantes? *Revista Educação Por Escrito*, vol. 9, n. 2, p. 235–253, 2018. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/poescrito/article/view/31354>. Acesso em: 22/08/2023.

DOMÍNGUEZ, Adrián *et al.* Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. *Journal Computers & Education*, Virginia, vol. 63, p. 380–392, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131513000031>. Acesso em: 22/08/2023.

DYASI, Hubert. Enseñanza de la ciencia basada en la indagación: razones por las que debe ser la piedra angular de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia. *Innovec -La Enseñanza de La Ciencia En La Educación Básica: Antología sobre Indagación*, México, p.7-16, 2014. Disponível em: <<http://innovec.org.mx/home/>>. Acesso em 11/12/2023.

FADEL, Luciane Maria; ULBRICHT, Vania Ribas; BATISTA, Claudia Regina; VANZIN, Tarcísio. Gamificação na educação. *Pimenta Cultural*, p. 300, 2014. Disponível em: http://www.pgcl.uenf.br/arquivos/gamificacao_na_educacao_011120181605.pdf. Acesso em: 28/03/2023.

FARDO, Marcelo Luis. A gamificação aplicada em ambientes de aprendizagem. *RENOTE*, vol. 11, n. 1, 2013. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/renote/article/viewFile/41629/26409>. Acesso em: 11/12/2023.

FIEDLER–FERRARA, Nelson; MATTOS, Cristiano. Seleção e organização de conteúdos escolares: recortes na interdisciplinaridade. *Anais do Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, VIII, Águas de Lindóia. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2002. Disponível: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viiiiepef/PDFs/CO81_2.pdf. Acesso em: 11/12/2023.

FRANÇA, Cyntia Simioni. Possibilidades e limites na construção do conhecimento histórico em conexão com o mundo virtual. Dissertação (Mestrado em História Social). Universidade Estadual de Londrina, Londrina. *Revista Antíteses*, vol. 2, n. 3, p. 533-535, 2009. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/antiteses/article/view/1979/2217>. Acesso em: 11/12/2023.

FURIÓ, David *et al.* The effects of the size and weight of a mobile device on an educational game. *Journal Computers & Education*, Virginia, vol. 64, p. 24-41, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131512003065>. Acesso em: 11/12/2023.

GARONE, Priscilla; NESTERIUK, Sérgio. Design e educação a distância: ensaio crítico sobre o processo de gamificação. in: Gamificação em debate. SANTAELLA, Lucia; NESTERIUK, Sérgio; FAVA, Fabricio. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, p. 212, 2018. Disponível em: https://issuu.com/editorablucher/docs/issuu_d7d072993bf3d3. Acesso em: 24/08/2023.

GIRELLI, Carlos Magno Alves. Impressões papilares podem revelar mais do que a identidade de seus autores. Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics, [S. l.], vol. 5, n. 01, p. 28-41, 2015. Disponível em: <https://www.bjfs.org/bjfs/bjfs/article/view/546>. Acesso em: 26/12/2022.

GOMES, Josenir Hayne. Aprendizagem Criativa - Animando desenhos com realidade aumentada. Congresso Internacional de Educação e Tecnologias | Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância, São Carlos, p. 01-13, 2020. Disponível em: <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/article/view/1298>. Acesso em: 28/03/2022.

GONÇALVES, Marta de Oliveira; SILVA, Valdir. Sala de aula compartilhada na licenciatura em matemática: relato de prática. In: BACICH, Lilian; MORAN, José. (org.). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 59-76.

GUERREIRO, Inaiá Lopes; SAMPAIO, Caroline de Goes. Forensic papilloscopy and revelation of digital impressions in the scene of a crime: a tool for the teaching of chemistry with a CTS approach. Research, Society and Development, [S. l.], vol. 8, n. 9, p. e03891229, 2019. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1229>. Acesso em: 11/12/2023.

KANCHAN, Tanuj; KRISHAN, Kewal. Loss of fingerprints: forensic implications. Egyptian Journal of Forensic Sciences, vol. 8, n. 01, p. 19, 2018. Disponível em: <https://ejfs.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s41935-018-0051-0.pdf?pdf=button%20sticky>. Acesso em: 27/12/2022.

KARLO-GOMES, Geam; RAMOS, Adriana Lúcia Oliveira. Gamificação no ensino de línguas criando possibilidades para aprendizagens mais engajadoras. 1. ed. Curitiba-PR, Editora Bagai, p. 148, 2022. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/18JwqCZYPSI9j2-mB-PeaVxFCLLeE02sDB/view>. Acesso em: 27/03/2023.

LEITE, Bruno Silva. Gamificando as aulas de química: uma análise prospectiva das propostas de licenciandos em química. Revista Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, vol. 15, n. 2, p. 01-10, 2017. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/79259>. Acesso em: 24/08/2023.

MACEDO, Daniel Valente; SERPA, Yvens Rebouças; RODRIGUES, Maria Andréia Formico. Desenvolvimento de Aplicações Gráficas Interativas com a Unreal Engine 4. Revista de Informática Teórica e Aplicada, [S. l.], vol. 22, n. 2, p. 181–202, 2015. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/rita/article/view/RITA-VOL22-NR2-181>. Acesso em: 27/09/2023.

MARIN, Maria José Sanches *et al.* Aspectos das fortalezas e fragilidades no uso das metodologias ativas de aprendizagem. *Revista Brasileira de Educação Médica*, vol. 34, n. 1, p. 13–20, 2010. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbem/a/PgYxhjqpFYqvYKm8HvQkDtP/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em: 22/08/2023.

MARTINS, Vinicius Pessoa Nunes Oliveira *et al.* Levantamento bibliográfico do uso de química forense no ensino de química: um estado da arte sobre os artigos científicos publicados no Brasil. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ), 2016. p. 1. Disponível em: <https://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R2236-1.pdf>. Acesso em: 11/12/2023.

MASETTO, Marcos Tarciso. PBL na Educação?. In: XII Endipe – Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino, Curitiba. Anais do XIII Endipe. Curitiba, vol. 01, 2004.

MATTA, Alfredo Eurico Rodrigues; SILVA, Francisca de Paula Santos da; BOAVENTURA, Edivaldo Machado. Design-based research ou pesquisa de desenvolvimento: metodologia para pesquisa aplicada de inovação em educação do século XXI. *Revista da FAEEBA: Educação e Contemporaneidade*, Salvador, vol. 23, n. 42, p. 23-36, 2014. Disponível em: <https://revistas.uneb.br/index.php/faeeba/article/viewFile/1025/705>. Acesso em: 09/08/2023.

MIRANDA, Ana Carolina; BRAIBANTE, Mara; PAZINATO, Maurícius Selvero; OLIVEIRA, Fernando Vasconcelos de. “Química a favor da justiça”- A contextualização do ensino de Química a partir de uma abordagem forense. *Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ)*, n.33, p. 01-08, 2013. Disponível em: <https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/edeq/article/view/2790/>. Acesso em: 28/03/2023.

MITJÁNS MARTÍNEZ, Albertina. Aprendizagem criativa: desafios para a prática pedagógica. In: NUNES, Cláudio Pinto (Org.). *Didática e formação de professores*. Ijuí: Unijuí, p. 93-124, 2012.

MITJÁNS MARTÍNEZ, Albertina. Criatividade no trabalho pedagógico e criatividade na aprendizagem: uma relação necessária? In: TACCA, Maria Carmen Villela Rosa (Org.). *Aprendizagem e trabalho pedagógico*. Campinas: Alínea, p. 69-94, 2008.

MIZUKAMI, Maria da Graça Nicoletti. *Ensino: as abordagens do processo*. Editora EPU, São Paulo, p. 119, 1986. Disponível em:

<https://interdisciplinarmackenzie.files.wordpress.com/2015/02/livro-ensino-as-abordagens-do-processo-mizukami.pdf>. Acesso em: 11/12/2023.

MONTENEDRO, João Batista *et al.* Identificação humana através de impressões digitais 11 meses após a morte. *Derecho y Cambio Social*, n. 30, pag. 01-07, 2012. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5492699.pdf>. Acesso em: 11/12/2023.

MONTIJA, Fernanda Cristina de Souza *et al.* Abordagem Investigativa da Química Forense: Uso de Recursos Audiovisuais e Experimentação em um Estudo de Caso. *Revista Debates em Ensino de Química*, vol. 5, n. 1, p. 65-73, 2019. Disponível em:

<https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/2292>. Acesso em: 28/03/2023.

MORAES, Roque. MANCUSO, Ronaldo. Educação em Ciências: produção de currículos e formação de professores. Editora UNIJUÍ, Ijuí - RS, p. 304, 2004.

MORAN, José Manuel. Mudando a educação com metodologias ativas. In: Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens. 2015. Disponível em: http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf. Acesso em: 17/10/2023.

MORIN, Edgar. A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformular o pensamento. Tradução: Eloá Jacobina, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 8. ed., p. 128, 2003. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5645321/mod_resource/content/1/MORIN%20A%20Cabec%CC%A7a%20Bem-feita%20PAG%20105.pdf. Acesso em: 22/08/2023.

MUNIZ, Luciana Soares.; MARTÍNEZ, Albertina Mitjáns. A expressão da criatividade na aprendizagem da leitura e da escrita: um estudo de caso. Educação e Pesquisa, vol. 41, n. 4, p. 1039–1054, out. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/7PD4Kx6sKj8Db6NX36gby9M/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 28/06/23.

MUNTEAN, Cristina Ioana. Raising engagement in e-learning through gamification. VI International Conference on Virtual Learning ICVL. Cluj-Napoca, Romênia, p. 323-329, 2011. Disponível em: <https://docplayer.net/17291637-Raising-engagement-in-e-learning-through-gamification.html>. Acesso em: 22/08/2023.

PEREIRA, Camilla Roberta Marinho; DELGADO, Jéssica Proência dos Santos; SOUZA, Jorge Raimundo da Trindade. A utilização da Química Forense na contextualização do Ensino de Química em uma escola pública federal de Belém – PA. 14º Encontro de Profissionais da Química da Amazônia – a atuação dos profissionais da química frente aos desafios atuais, p. 213-219, 2015. Disponível em: <https://docplayer.com.br/11219218-A-utilizacao-da-quimica-forense-na-contextualizacao-do-ensino-de-quimica-em-uma-escola-publica-federal-de-belem-pa.html>. Acesso em: 11/12/2023.

PEREIRA, Elisabete Monteiro de Aguiar. Professor como pesquisador: o enfoque da pesquisa-ação na prática docente. In: GERALDI, Corinta Maria Grisolia *et al.* (Org.). Cartografias do trabalho docente: professor(a)-pesquisador(a). Campinas: Mercado das Letras, p. 153-181, 1998.

PEREIRA, Jocimario Alves; LEITE, Bruno Silva. Gamificação no ensino de química: uma Revisão Sistemática da Literatura. Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia, vol. 14, n. 32, p. 01-19, 2023. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/recit/article/download/15233/pdf>. Acesso em: 24/08/2023.

PIRES, Glice *et al.* Gamificação no ensino de Ciências: um relato de experiência. In: Anais do Workshop de Informática na Escola, p. 707, 2019. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/8566>. Acesso em: 11/12/2023.

PUCINELLI, Ricardo Henrique; KASSAB, Yara; RAMOS, Claudemir. Metodologias ativas no ensino superior: uma análise bibliométrica / Active methodologies in higher education: a bibliometric analysis. Brazilian Journal of Development, [S. l.], vol. 7, n. 2, p. 12495–12509, 2021. Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/24200>. Acesso em: 17/10/2023.

ROSA, Mauricio Ferreira da; SILVA, Priscila Sabino da; GALVAN, Francielli de Bona. Ciência Forense no Ensino de Química por meio da experimentação. Química Nova na Escola (QNEsc), São Paulo-SP, p. 01-09, 2014. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/prelo/RSA-40-13.pdf>. Acesso em: 28/03/2023.

SANTOS, Aline Coêlho dos *et al.* Ensino de ciências baseado em investigação: Uma proposta didática inovadora para o uso de laboratórios on-line em AVEA. Revista Univap, [S. l.], vol. 24, n. 44, p. 54-68, 2018. Disponível em: <https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/1874>. Acesso em: 16 out. 2023.

SANTOS, Cenilza Pereira dos; SOARES, Sandra Regina. Aprendizagem e relação professor-aluno na universidade: duas faces da mesma moeda. Estudos em Avaliação Educacional, São Paulo-SP, vol. 22, n. 49, p. 353-369, 2011. Disponível em: <http://www.fcc.org.br/pesquisa/publicacoes/eae/arquivos/1641/1641.pdf>. Acesso em: 22/08/2023.

SANTOS, Vanessa da Matta dos; AFONSO, Júlio Carlos. Elemento Químico: IODO. Química Nova na Escola (QNEsc), São Paulo-SP, Vol. 35, nº 4, p. 297-298, 2013. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_4/12-EQ-16-11.pdf. Acesso em: 08/03/2022.

SEBASTIANY, Ana Paula *et al.* A utilização da Ciência Forense e da Investigação Criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos. Didáctica de la química. vol. 24, p. 49-56, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X13731951>. Acesso em: 30/11/2023.

SERIBELI, Fábio Luiz. Interações intermoleculares: o estado da arte da pesquisa em ensino e desenvolvimento de atividades práticas experimentais sobre o tema. Revista Scientia Vitae, vol. 07, n. 23, 2019. Disponível em: <https://www.revistafpsr.com/v7n23p18-36.pdf>. Acesso em: 20/10/2020.

SILVA, André Coelho da; FORTUNATO, Ivan. A Gamificação Aplicada à Formação Inicial de Professores de Física em Três Opções Metodológicas. Revista Multidisciplinar de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura do Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira. vol. 9, n. 20, p. 01-21, 2020. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/e-mosaicos/article/view/44414>. Acesso em: 24/08/2023.

SILVA, Micaelle Gomes da. As metodologias ativas no processo de formação do professor e no ensino-aprendizagem de ciências. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência) - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife-PE, p. 212, 2020. Disponível em: <https://ww2.ppgec.ufrpe.br/sites/default/files/testes-dissertacoes/As%20Metodologias%20Ativas%20no%20processo%20de%20forma%C3%A7%C3%A3o%20do%20professor%20e%20no%20ensino-aprendizagem%20de%20Ci%C3%A2ncias.pdf>. Acesso em: 17/10/2023.

SILVEIRA, Arieli Matos da; CABRAL, Patrícia Fernanda de Oliveira; QUEIROZ, Salete Linhares. Química forense no ensino de química: análise da produção acadêmica nacional

(2000 - 2018). *Scientia Naturalis*, vol. 3, n. 4, p. 1587-1603, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/5794>. Acesso em: 28/03/2023.

SOUZA, Adriana Maricato de. Câmera e vídeo na escola: quem conta o que sobre quem?. *Comunicação & Educação*. vol. 10, n. 1, p. 97-107, 2005. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/comueduc/article/view/37513>. Acesso em: 11 ago. 2023.

VENTURA, Juliana Helena Moreno; MIRANDA JUNIOR, Pedro. O tema “química forense” no ensino de química: análise das atas do ENEQ. *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, vol. 8, n. 1, p. 926-940, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEETT/article/view/4051>. Acesso em: 11/12/2023.

VIANNA, Ysmar *et al.* *Gamification, Inc.: como reinventar empresas a partir de jogos*. MJV Press: Rio de Janeiro, p. 116, 2013. Disponível em: <https://acervo-digital.espm.br/E-BOOKS/2020/365430.pdf>. Acesso em: 11/12/2023.

VIGOTSKI, Lev Semionovitch. *Imaginação e criação na infância Ensaio Psicológico – livro para professores*. Tradução Zoia Prestes. São Paulo, Editora Ática, p. 128, 2009.

WIRZBICKI, Sandra Maria; ZANON, Lenir Basso. Abordagens e Reflexões Sobre o Ensino do Conceito Energia Nas Transformações dos Alimentos. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*. vol.5, n.3, p.195-218, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37743>. Acesso em: 29/08/2023.

ZHANG, Xiaoting *et al.* A 3D virtual Weft-knitting Engineering learning system based on Unreal Engine 4. *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 26, n. 6, p. 2223-2236, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cae.22030>. Acesso em: 18/09/2023.

ZICHERMANN, Gabe; CUNNINGHAM, Christopher. *Gamification by Design. Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*. O'Reilly Media, p. 182, 2011. Disponível em: http://storage.libre.life/Gamification_by_Design.pdf. Acesso em 22/08/2023.

ZOMPERO, Andreia de Freitas *et al.* Ensino por investigação e aproximações com a aprendizagem baseada em problemas. *Debates em Educação*, vol. 11, n. 25, p. 222–239, 2019. DOI: 10.28998/2175-6600.2019v11n25p222-239. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/debateseducacao/article/view/7740>. Acesso em: 10 abr. 2023.