

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO PROF. ALBERTO CARVALHO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
CAMPUS DE ITABAIANA - DQCI**

**UTILIZAÇÃO DA QUÍMICA FORENSE NA ELABORAÇÃO DE UM  
MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO DE QUÍMICA NAS AULAS DO  
ENSINO SUPERIOR**

**LUIZ FELIPE SILVEIRA ANDRADE**

**ITABAIANA – SE**

**2021**

**LUIZ FELIPE SILVEIRA ANDRADE**

**UTILIZAÇÃO DA QUÍMICA FORENSE NA ELABORAÇÃO DE UM  
MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO DE QUÍMICA NAS AULAS DO  
ENSINO SUPERIOR**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado na  
disciplina Pesquisa em Ensino de Química II do  
Departamento de Química da Universidade  
Federal de Sergipe, como requisito parcial para  
aprovação, conforme Resolução 055/2010 do  
CONEPE.**

**Orientador: Profa. Dra. Ivy Calandrelli Nobre**

**Coorientador: Profa. Me. Nirly Araujo dos Reis**

**ITABAIANA – SE**

**2021**

**LUIZ FELIPE SILVEIRA ANDRADE**

**UTILIZAÇÃO DA QUÍMICA FORENSE NA ELABORAÇÃO DE UM  
MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO DE QUÍMICA NAS AULAS DO  
ENSINO SUPERIOR**

Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina Pesquisa em Ensino de Química II.

Banca Examinadora:

---

Profa. Dra. Ivy Calandrelli Nobre (Orientador)

Universidade Federal de Sergipe

---

Profa. Dra. Valéria Priscila de Barros

Universidade Federal de Sergipe

---

Prof. Dr. Marcelo Leite dos Santos

Universidade Federal de Sergipe

**ITABAIANA – SE**

**2021**

*Dedico este trabalho a minha família,  
pelo incentivo e aos meus amigos que de  
alguma forma indireta e diretamente  
contribuíram para que eu chegasse até  
aqui.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida e por ele me abençoar todos os dias durante essa trajetória; Agradeço aos meus pais, Isabel e Francisco pela compreensão, amizade e esforço por proporcionar uma melhor educação. À minha querida Orientadora Ivy Calandrelí Nobre por sua dedicação e grande contribuição, pelo tempo dedicado às correções e orientações, às dicas compartilhadas, sei que dei um pouquinho de trabalho; À minha coorientadora a Nirly Araujo dos Reis pela sua dedicação e grande contribuição, pelo tempo dedicado às correções e orientações e pelos materiais emprestados; As minhas irmãs Isabela, Flavia e Priscila pelo apoio e incentivo; Aos amigos da UFS, Jaqueline, Jessica, Ivete, Taciane, Jaziele, Luana, Tamar, Jeovani, Dayse, Fabiana, Islane, Edilene e Amanda pelo incentivo e por estarem sempre presentes em todas as situações; Aos meus amigos da vida, Suelen, Jamile, Maria Luiza, Jessica, Suikelly, Raiane e Vanessa pela compreensão das ausências e pelo afastamento temporário; À banca pelas correções e contribuições; Ao corpo docente da Universidade Federal de Sergipe, Campus Professor Alberto Carvalho, aos quais sem o apoio não conseguiríamos chegar até aqui; Agradeço aos Técnicos de Laboratório, em especial a técnica Tati por ter ido ao laboratório em meio a essa pandemia para auxiliar agente nos testes de experimentos.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Mapeamento bibliográfico de pesquisas sobre a temática Química forense no Ensino de Química nos bancos de dados da CAPES, Scielo e Google Acadêmico.....	6
<b>Figura 2:</b> Jogo Scotland Yard.....	13
<b>Figura 3:</b> História fictícia do Jogo Química Case. ....	14
<b>Figura 4:</b> Imagem aérea da Universidade Federal de Sergipe, campus Professor Alberto Carvalho (Tabuleiro físico do jogo Química Case).....	15
<b>Figura 5:</b> Dicas do jogo que servirão de suporte para resolução do caso fictício do jogo Química Case.....	16
<b>Figura 6:</b> Impressão digital revelada com iodo. ....	18
<b>Figura 7:</b> Experimento de extração de DNA do morango. ....	20
<b>Figura 8:</b> Experimento de detecção de sangue utilizando o Reagente Kastle-Meyer... ..	21
<b>Figura 9:</b> Reações envolvidas durante a preparação do Reagente Kastle-Meyer. ....	22

## TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Lista de trabalhos presentes nos bancos de dados do Portal de Periódicos da CAPES, no Scielo e no Google Acadêmico. ....	7
<b>Tabela 2:</b> Lista de objetos a serem entregues durante o jogo e suas respectivas funções no jogo. ....	14

## ABREVIATURAS E SIGLAS

CSI	Crime Scene Investigation
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
ES	Ensino Superior
EQ	Ensino de Química
Hb	Hemoglobina
P1	Avaliador 1
P2	Avaliador 2
PIBID	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
PIBIC	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica
QC	Química Case
QF	Química Forense
SY	Scotland Yard
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UFS	Universidade Federal de Sergipe

## RESUMO

Este trabalho teve o objetivo apresentar os resultados da elaboração e validação por professores de um jogo, como um material didático que pode ser utilizado pelos docentes do Ensino Superior para contribuir no entendimento dos conteúdos químicos, por meio da temática da Química Forense (QF), além de tornar as aulas no ES mais interativa. A QF é uma importante área da química que proporciona o despertar do interesse na visualização dos conteúdos, na construção do pensamento crítico e na participação dos alunos. Assim, buscou articular esse tema a criação de um jogo como uma possibilidade de ensino-aprendizagem. A elaboração do jogo “Química Case” foi dividida em duas etapas: a confecção e a validação do jogo. Os dados coletados foram os comentários feitos pelos professores de duas áreas distintas (Orgânica e Ensino), com o propósito de validar o material. Através da validação foi possível identificar os prováveis problemas deixados após elaboração do material. Essa investigação possibilitou uma reflexão dos pontos a serem melhorados para construção da versão final do jogo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Validação. Material didático. Jogo.

# SUMÁRIO

NOTAS INTRODUTÓRIAS .....	1
1. INTRODUÇÃO.....	2
1.1 Ciência forense como possibilidade para o ensino de química .....	4
1.2 Produções científicas sobre Química Forense no Ensino de Química.....	6
2. OBJETIVO .....	8
2.1 Objetivo geral .....	8
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	9
3.1. Contexto da pesquisa .....	9
3.2. Perfil dos Avaliadores .....	10
3.3. Pesquisa Qualitativa .....	10
3.4. Instrumento de coleta de dados .....	11
3.5 Instrumento de análise de dados .....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
4.1. A elaboração, o contexto e o processo da construção do jogo “Química Case”. .....	12
4.2 Os experimentos do jogo .....	17
4.3. Percepções dos avaliadores sobre o jogo Química Case. ....	22
5. CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29
APÊNDICE I.....	31
ANEXO .....	47

## NOTAS INTRODUTÓRIAS<sup>1</sup>

A escolha do tema deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi de forma pessoal, pois desde quando ingressei no curso de Química eu nutria um interesse em trabalhar com temáticas relacionadas ao eixo contextual Química Forense (QF), porque eu sempre gostei de programas e series televisivas que abordavam questões investigativas.

Entretanto, durante o início do curso eu ainda não sabia se poderia e como utilizaria a temática QF no ensino de química, visto que ainda não possuía prática, conceitos e experiências para elaborar uma proposta com esse tipo de contexto. À medida que fui progredindo no curso, ou seja, aprendendo novos conteúdos de novas disciplinas da grade curricular, participação em eventos científicos e em projetos de pesquisa, consegui adquirir um pouco de conhecimento para que hoje fosse possível elaborar um material lúdico, atrativo e divertido, no qual os alunos que irão participar dessa aplicação do material possam além de aprender os conteúdos químicos abordados, se divertirem aprendendo.

Além disso, como citado acima, eu participei de alguns projetos de pesquisa, a citar: Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), Programa Residência Pedagógica (PRP) e participação como monitor voluntário da Disciplina de Química Geral, todos na área de Química - Campus Itabaiana da Universidade Federal de Sergipe. Projetos esses que me possibilitaram um melhor aprendizado tanto prático como conceitual, uma vez que através desses trabalhos de pesquisa eu consegui adquirir experiência, pois esses programas possibilitam ao licenciando vivenciar diretamente a realidade seja ela no âmbito escolar ou laboratorial. Assim, através da experiência adquirida pela participação desses programas foi mais fácil desenvolver a escrita no presente trabalho, visto que já possuía o hábito de fazer trabalhos científicos nos projetos supracitados.

---

<sup>1</sup> As notas introdutórias são relatos pessoais sobre como se chegou ao tema, as motivações, as experiências com a pesquisa. Assim, por serem relatos pessoais as notas foram descritas em primeira pessoa.

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de atividades lúdicas no ensino de química pode ser uma ótima forma de desenvolver a socialização em grupos e a aprendizagem pessoal do aluno. O jogo é um exemplo de atividade lúdica, bastante utilizado no ensino, por ser considerado uma excelente alternativa de ensino-aprendizagem. Essa ferramenta tem a função de motivar e atrair os olhares dos alunos, possibilitando um melhor processo de construção de conhecimento (CUNHA, 2012).

A definição de jogo é muito ampla, ou seja, definir o termo jogo não é um trabalho fácil. Quando falamos da palavra jogo podemos entender de vários modos. O jogo é por si só polissêmico, isto é, ele nos propõe uma diversidade de definições, nem sempre relacionadas a ele, a exemplo, jogo de panelas, jogo de cartas e jogo de basquete ou, até mesmo jogo político (KISHIMOTO, 1996).

Apesar do mesmo nome dos exemplos supracitados, os jogos possuem suas especificidades e sua variedades de fenômenos considerados como jogo, tornando-o difícil defini-lo. Além da difícil tarefa de definir a palavra jogo, outro desafio que aparece e está intrinsecamente relacionado ao jogo e o não jogo (KISHIMOTO, 1996). Um bom exemplo disso, é uma criança no período medieval manuseando uma espada, seríamos capazes de dizer que ela está jogando, brincando com esse utensílio, mas naquela época, poderíamos dizer que, na verdade, essa criança está treinando para assumir um lugar no exército do reino (KISHIMOTO, 1996; BROUGERE 1998).

Em virtude dessa grande variedade de definições relatadas acima sobre a palavra jogo, (KISHIMOTO, 1996) resume, com base no trabalho de (BROUGERE, 1998), três níveis de diferenciação que tem o objetivo de definir o termo jogo:

- a) Jogo é o resultado de um sistema linguístico, isto é, o sentido do jogo depende da linguagem e do contexto social. A noção de jogo não nos remete à língua particular de uma ciência, mas a um uso cotidiano. Assim, o essencial não é obedecer à lógica de uma designação científica dos fenômenos e sim, respeitar o uso cotidiano e social da linguagem, pressupondo interpretações e projeções sociais.
- b) Jogo é um sistema de regras, neste caso se permite identificar, em qualquer jogo, uma estrutura sequencial que especifica sua modalidade. O xadrez tem regras que o diferencia da loto ou da trilha. São as regras do jogo que os diferenciam. Estas estruturas sequenciais de regras permitem uma grande relação com a situação lúdica, ou seja, quando alguém joga, está executando regras do jogo, mas ao mesmo tempo, desenvolve uma atividade lúdica.
- c) Jogo é um objeto, por exemplo, o pião, confeccionado de madeira, casca de fruta, ou plástico, representa o objeto empregado em uma brincadeira de rodar pião. O objeto neste caso é algo que caracteriza uma brincadeira. Alguns

autores consideram que essa terceira diferenciação de jogo é o que chamamos de Brinquedo (SOARES, 2008, p. 2-3).

A partir dos três itens citados acima sobre os possíveis conceitos da palavra jogo, é possível obter uma compreensão acerca da palavra jogo, distinguindo pelas regras e objetos que os diferenciam. Se partimos através desses três aspectos sobre jogo, é possível debater alguns conceitos que tratam dessa definição. A atividade lúdica, por exemplo, citada no segundo item de significado do jogo, pode ser definida como qualquer atividade que leva ao divertimento e ao prazer (SOARES, 2004).

Assim, diante do que foi citado acima sobre a diversidade de definições e características sobre jogo, é possível perceber que ele é uma ótima ferramenta de ensino-aprendizagem que pode ser explorado no ensino visando tornar a aula mais atrativa e dinâmica. Além disso, quando é sugerido a utilização de jogos e atividades lúdicas em aulas, significa dizer que o professor está propondo ao aluno uma outra forma de aprendizado, mais leve, mais interativa. Porém, se faz justo tratar os jogos da mesma maneira como se encara a sala de aula, com respeito e compromisso (SOARES, 2004).

A utilização de jogos como recurso para as aulas de química é uma ótima alternativa de ensino-aprendizagem. No sentido que essa ferramenta pode ser empregada como uma espécie de melhoria da aprendizagem por meio da prática com os estudantes. Além disso, ela possibilita diversas habilidades não apenas no campo do conhecimento, mas também no campo social do aluno (CUNHA, 2012).

Em virtude da utilização de jogos no ensino de química, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) (BRASIL, 1998) discutem o assunto na etapa de introdução, ao sugerir sua aplicação no processo de ensino:

O uso de jogos nas aulas de Química não é uma atividade apenas de descontração, a utilização de jogos por sua vez, está prevista nos Parâmetros, uma vez que desenvolve a capacidade afetiva e as relações interpessoais, permitindo ao aluno colocar-se no ponto de vista do outro, refletindo, assim, sobre os seus próprios pensamentos (Brasil, 1998).

Assim, os benefícios do uso de atividades lúdicas, a exemplo do jogo no âmbito escolar, ultrapassa a comum aprendizagem de conceitos e fórmulas em se tratando do ensino de química. Vale ressaltar que o objetivo do jogo no ensino de química não é a memorização de termos químicos, formas ou conceitos. A função de jogos didáticos de química vai além disso, o jogo possibilita uma maior interação dos alunos e um aprendizado vasto dos conceitos nele abordados. Além disso, essa ferramenta lúdica é um

importante recurso para formação de esquemas e de representações mentais, ela estimula as decisões de ideias acerca do que está sendo tratado no jogo e incentiva a participação do aluno (CUNHA, 2012).

Aproveitando que o jogo é uma ótima ferramenta de ensino-aprendizagem, pensou-se em construir um jogo sobre Química Forense, baseado em um jogo de tabuleiro chamado “Scotland Yard” que consiste em simular os processos de uma investigação, no qual os jogadores, seguindo as pistas, devem encontrar o que é pedido no caso a ser desvendado (assassino, arma, motivo, ...), o qual será empregado como recurso didático para consolidar conteúdos de Química ministrados em aulas do Ensino Superior.

### **1.1 Ciência forense como possibilidade para o ensino de química**

A Ciência Forense é uma importante ferramenta de difusão da ciência em geral, quando inserida no processo educacional. É uma área interdisciplinar que envolve física, biologia, medicina, química, matemática, dentre outras, e tem por objetivo auxiliar nas investigações relativas à justiça (SILVA, ROSA, 2014). A Química Forense é considerada, desse modo, uma ramificação da Ciência Forense que utiliza técnicas e conceitos químicos para investigar determinados fatores na realização de delitos de modo a fornecer significativa colaboração à ciência forense (SILVA, ROSA, 2014).

Segundo (FARIAS, 2008, p.24-17):

A Química Forense é a aplicação dos conhecimentos da ciência química aos problemas de natureza forense. Uma definição formal possível: é o ramo da Química que se ocupa da investigação forense no campo da Química especializada, a fim de atender aspectos de interesse judiciário.

Essa definição permite o entendimento de que as atividades em Química Forense se constituem na realização de análises, ou pode ser definida como química analítica aplicada. Uma vez que o químico forense não tem como prever quais situações, especificamente, irá encontrar em um determinado dia de trabalho, restringir seus conhecimentos aos da química analítica é certamente um erro de julgamento (FARIAS, 2008).

Além disso, podemos interpretar a definição de Química Forense (QF) segundo Farias (2008) de outra forma, no qual segundo ele, a QF é a utilização e/ou aplicação dos de Química aos problemas de natureza forense, sendo está uma área da ciência investigativa que procura entender alguns fatos associados a criminalística. Diante desse

pensamento, a ideia é mostrar para o profissional de educação que a química está em todos os ramos das ciências e que compreender os aspectos da Ciência Forense envolvendo a Química é essencial para solucionar casos de investigação criminal (SILVA et al, 2019)

Segundo (Brito. et al, 2010), o profissional forense pode atuar em diversas áreas da Química Forense, como: em perícias policiais, trabalhistas, industriais, ambientais e *dopping* desportivo. Essa gama de possibilidades de atuação permite ao aluno de Química conhecer a aplicabilidade da disciplina com outros olhos, mostrando que ela exerce um papel fundamental na elaboração de resultados (Brito et al, 2010).

Pizzato (2015) ainda reforça que uma conduta investigativa é essencial para o ato de conhecer, já que o universo gira em torno da curiosidade dos sujeitos, para o progresso dessa aprendizagem deve-se estimular situações de atitude investigativa para despertar o interesse dos alunos pelos conteúdos abordados em sala de aula. Tanto no ensino formal como informal, as aulas nos ambientes de aprendizagem são usualmente expositivas, deixando o público-alvo (os alunos) desmotivados, nesse caso pouco atraídos por essas atividades (PIZZATO, 2015).

A utilização da Química Forense no ensino proporciona o despertar de um maior interesse na visualização dos conteúdos, na construção do pensamento crítico e na participação das pessoas, assim criando a possibilidade de maior interação por meio de um ensino mais contextualizado utilizando de temas interdisciplinares como suporte metodológico (LIMA et al, 2016).

Em virtude, da curiosidade do público em saber como se desenvolve uma investigação criminalística para se determinar os motivos e autores dos crimes, tem sido cada vez mais frequente em razão das várias séries televisivas (*Criminal Minds*, *Breaking Bad*, *Crime Scene Investigation* (CSI), entre outros) que retratam o cotidiano das equipes de pesquisadores forenses (CRUZ et al, 2014). Assim, foi elaborado um jogo como uma proposta de um material didático diferenciado para as aulas do Ensino Superior, pensando no interesse das pessoas pelas Ciências Forenses e áreas afins (CRUZ et al, 2014).

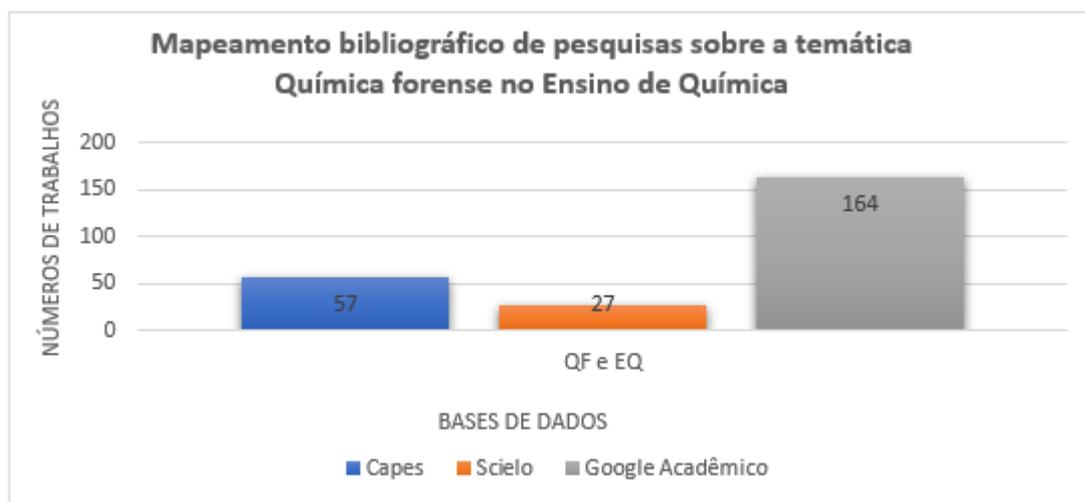
Sendo assim, a elaboração desse material didático de acordo com o eixo contextual Química Forense (QF), a ser trabalhado, se deu principalmente para instigar a curiosidade dos discentes pelos conteúdos de Química, partindo do pressuposto que seus conceitos são abordados em seriados e programas de televisão de cunho investigativo. Podendo assim ser utilizado como uma proposta diferenciada de ensino, para que o

estudante entenda os conteúdos químicos utilizados nos métodos científicos das investigações criminais.

Além disso, este jogo visa estimular à curiosidade dos discentes pelo conteúdo de química, por meio da temática sobre QF, mostrando atividades experimentais que tratam o tema desencadeador, podendo assim ser utilizado como uma proposta diferenciada de ensino de química no Ensino Superior. Vale ressaltar ainda, que apesar do jogo ser baseado em um jogo de tabuleiro ele simula na verdade, como são feitas as investigações criminais nos programas televisivos.

## 1.2 Produções científicas sobre Química Forense no Ensino de Química

Como uma das etapas desse trabalho, realizou-se um mapeamento de pesquisas utilizando as palavras chaves “Química Forense” e “Ensino” nos bancos de dados do Portal de Periódicos da Capes, Scielo e Google Acadêmico (Figura 1). Dessa maneira, o objetivo deste tópico é apresentar os dados coletados no mapeamento das pesquisas que abordam utilização da Química Forense na produção de materiais didáticos para o Ensino de Química.



**Figura 1:** Mapeamento bibliográfico de pesquisas sobre a temática Química forense no Ensino de Química nos bancos de dados da CAPES, Scielo e Google Acadêmico.

Fonte: Autoria, 2021.

Através do levantamento dos artigos publicados sobre a utilização da Química Forense (QF) na produção de materiais didático para o ensino de química, expostos no

gráfico da Figura 1, percebe-se que há uma grande produção de trabalhos relacionando o tema Ensino de Química (EQ) e a Química Forense enquanto objeto de estudo. Porém, pesquisas sobre elaboração de materiais didáticos no Ensino Superior ainda é pequena. Na Tabela 1, são apresentados quinze trabalhos identificados em algumas bases dados que discutem desde a utilização de jogos no ensino de química, até a elaboração de minicursos, oficinas e materiais didáticos sobre QF no ES. Nesses artigos, é discutida sobre a importância da utilização de temas considerados atrativos como uma possibilidade para as aulas de química.

**Tabela 1:** Lista de trabalhos presentes nos bancos de dados do Portal de Periódicos da CAPES, no Scielo e no Google Acadêmico.

Banco de dados	Autores/Data de produção	Título
CAPES	OLIVEIRA, M. F. - 2006	Química Forense: A utilização da química na pesquisa de vestígios de crimes.
	FRANÇA, L. F. R; FRANCISCO, W. - 2015.	Avaliação e aceitação de uma proposta de ensino envolvendo jogos com atividades de escrita e reescrita orientada
	BARBOSA, A. K. S; LIMA, C. H D; SILVA, M. H. V; NETO, R. N. - 2018	A ciência forense como tema transversal para o ensino de química
	SILVA, P. S; ROSA, M. F. - 2015.	Utilização da ciência forense do seriado CSI no ensino de Química.
Scielo	NICOLODI, C; ROSA, B. N; SILVA, C.C; BERNEIRA, L.M; PACHECO, B.S; POLETTI, T, VENZKE, D. - 2019	Aplicação de condimentos na revelação de impressões digitais latentes: Um experimento no ensino de química.
	FILHO, C. R. D - 2010	A Perícia Criminal e a Interdisciplinaridade no Ensino de Ciências Naturais.
	CRUZ, A. A. C; RIBEIRO, V. G. P; MAZZETTO, E. L. S - 2014.	A Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação Investigativa e Lúdica.
	SEBASTIANY, A. P; PIZZATO, M. C; PINO, J.C; SALGADO, T. D. M. - 2013.	A utilização da Ciência Forense e da Investigação Criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos.
Google Acadêmico	SOUZA, A. K. R; SAMPAIO, C. G; BARROSO, M. C. S; STEDILE, A. M. A; FILHO, A. S. A. H; NETO, F. B. M; LEITINHO, J. L; SILVA, M. G. V. - 2017.	A química forense como ferramenta de ensino Através de uma abordagem em CTS.
	BARROS, V. V. S. - 2018	Jogos no contexto da química forense como possibilidade para o ensino de química.
	SOUZA, A. K. R; SAMPAIO, C. G; SILVA, M. G. V. - 2016	Uso da química forense como proposta de Ensino fundamentada na aprendizagem Significativa.
	WEBER, E. - 2010	A criminalística com tema de contextualização no ensino de química.

	AGUIAR, L. S; SALGADO, T. D. M; PASSOS, C. G. – 2017.	As Oficinas Temáticas de Bruxaria, Ciência Forense e de Radiações do Subprojeto PIBID/Química: contribuições para o ensino de química.
	PIMENTA, S. A; MARTINS, B. S; KOLTZ, E; SANDRI, M. M.	A química forense como forma de contextualizar o ensino e Aprendizagem de química.
	GOMES, H. C; RAZUCK, C. S. R; Weber, I.T. - 2015.	O minicurso <i>Química Forense Aplicada ao Ensino</i> : estudos de caso relativos à química forense.

Fonte: Autoria, 2021.

Assim, foi possível perceber diante de uma breve citação de produções de teses, artigos e dissertações sobre a Química Forense e Ensino de Química nos bancos de dados que boa parte desses trabalhos apresentam a QF como alternativa para construção de materiais didáticos para o ES. Isso pode ser explicado devido ao seu caráter interdisciplinar que possibilita abordar diferentes disciplinas em sua teoria, motivando os discentes na construção do conhecimento através das suas vivências e experiências, e com isso, o desenvolvimento do aprendizado.

Em todos os quinze trabalhos da Tabela 1, observam-se marcas positivas deixadas sobre a utilização da temática Química Forense no Ensino de Química (EQ). A QF pode ser uma ótima alternativa de ensino-aprendizagem no ES por conta de melhorar as articulações entre as ações do professor com o aluno na construção conhecimentos e saberes sobre a temática.

## 2. OBJETIVO

### 2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem por objetivo elaborar e validar por professores um jogo, como um material didático que pode ser utilizado pelos docentes como uma possibilidade de melhorar a aprendizagem dos alunos do Ensino Superior acerca dos conteúdos químicos, por meio da temática da Química Forense (QF).

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho tem como finalidade realizar uma pesquisa qualitativa, que tem como objetivo desenvolver um material didático (jogo), de modo a contribuir para um maior entendimento dos alunos acerca dos conteúdos de Oxidação e Redução, Forças Intermoleculares, Ligação Iônica, Densidade e Solubilidade, a partir da temática Química Forense.

#### 3.1. Contexto da pesquisa

Este trabalho foi realizado em duas etapas:

A **primeira etapa** consistiu na elaboração de um jogo (“Química case?”) como uma possibilidade nas aulas no Ensino Superior do curso de Química, podendo ser utilizado nas suas diversas áreas afins (orgânica, físico-química, inorgânica, analítica e ensino). Além disso, esse material foi desenvolvido com o objetivo de ajudar na interação dos alunos em sala de aula, pois propõe uma melhor relação aluno-professor e aluno-aluno.

Esse jogo foi montado baseando-se em um jogo de tabuleiro chamado “Scotland Yard” da Grow. Este jogo consiste em simular os processos de uma investigação criminal, no qual os jogadores, seguindo as pistas, devem encontrar o que é pedido para desvendar o caso (quem é o assassino, qual foi a arma utilizada, qual foi o motivo, ...). O tabuleiro do jogo é composto de vários locais que representam a cidade de Londres, nos quais os participantes devem visitá-los para obterem as pistas, e então, desvendar o caso. Sherlock Holmes (o jogador) e seu companheiro Dr. Watson são os personagens do jogo que tem o papel de descobrir, entre outras coisas: assassinos, motivos, lugar do assassinato e mensagens secretas.

Já a **segunda etapa**, consistiu na validação do material (o jogo) por professores de Química do Ensino Superior. O material foi encaminhado à dois professores de áreas distintas da química (Orgânica e Ensino), com algumas informações e orientações, como: a descrição e o objetivo de cada parte do jogo. Essas orientações tinham a finalidade de nortear os avaliadores sobre a estrutura e as informações presentes no material, para que eles contribuíssem com seus comentários e sugestões. Essa etapa tem o objetivo de colher as sugestões de melhorias para o material, a partir da visão dos avaliadores.

Além disso, através dessas orientações presentes no material os professores puderam deixar seus comentários sobre cada parte do jogo, que serviu para validação do jogo. A versão final do jogo foi salva para posteriormente ser utilizada para os professores que desejarem aplicar.

### **3.2. Perfil dos Avaliadores**

Esta validação foi realizada com dois professores do Ensino Superior de áreas distintas da química (Orgânica e Ensino), todos docentes do Departamento de Química da Universidade Federal de Sergipe, *Campus* Professor Alberto Carvalho, situada no município de Itabaiana-SE. O critério de escolha desses avaliadores partiu do local que esse material será aplicado. Assim, como o material é destinado para aulas do ES, escolheu-se dois docentes do curso de química das áreas supracitadas por conta de os experimentos do jogo abordarem os conteúdos de suas áreas de trabalho. Além disso, a escolha dos dois avaliadores foi também com objetivo de colher sugestões e melhorias a partir dos olhares desses profissionais atuantes no local que se pretende aplicar o material de estudo (jogo).

### **3.3. Pesquisa Qualitativa**

Neste trabalho, a abordagem de pesquisa empregada foi a qualitativa, uma vez que essa pesquisa é de particular relevância ao estudo das relações sociais devido à pluralização das esferas da vida, ou seja, a pesquisa qualitativa possui uma variedade atributos importantes, umas delas é o contato direto do investigador ao investigado, no qual o investigador frequenta os locais em que naturalmente os dados são recolhidos no comportamento natural das pessoas como: observar, visitar, comer, conversar e entre outros (FLICK, 2009; BOGDAN; BIKLEN, 2013).

Além disso, a pesquisa qualitativa corresponde em um procedimento mais intuitivo, ou seja, mais maleável e mais adaptável a índices não previstos ou também à evolução de hipóteses. Assim este tipo de análise é utilizado nas fases de lançamento das hipóteses, já que permite sugerir possíveis relações entre um índice da mensagem e uma ou diversas variáveis do locutor, isto é, pesquisa qualitativa tem a finalidade de isolar causas e efeitos, operacionalizar suas causas teóricas, medir e quantificar fenômenos, desenvolver planos de pesquisas que permitam descobertas e formular leis gerais (FLICK, 2009; BOGDAN; BIKLEN, 2013).

### **3.4. Instrumento de coleta de dados**

Como instrumentos de coleta de dados para a pesquisa, foram utilizados: os comentários feitos pelos professores. Nesses comentários estavam descritas as sugestões de mudanças feitas pelos professores para cada parte do jogo com objetivo de melhorar o material elaborado.

### **3.5 Instrumento de análise de dados**

Nesta pesquisa, foi empregado a análise de conteúdo, no qual através dessa técnica foram analisadas as respostas dos professores a partir das orientações feitas no jogo acerca da estrutura e informações contidas nele, com o objetivo ajudar e melhorar na organização de dados no processo de validação. Esta análise consiste em um conjunto de técnicas que analisam a comunicação que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens. O método de Análise de Conteúdo é constituído por cinco etapas, sendo elas: preparação das informações, unitarização do conteúdo, categorização, descrição e interpretação. (MORAES; GALIAZZI, 2006).

Por motivos éticos, não foram expostos os nomes dos participantes da pesquisa, porém na análise da entrevista foram utilizados códigos de registro. O código de registro foi atribuído por um número para cada informante (1, 2, ...), em seguida a identificação foi pela designação do cargo, como todos os participantes da pesquisa eram professores atribuiu a letra P, para identificação.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

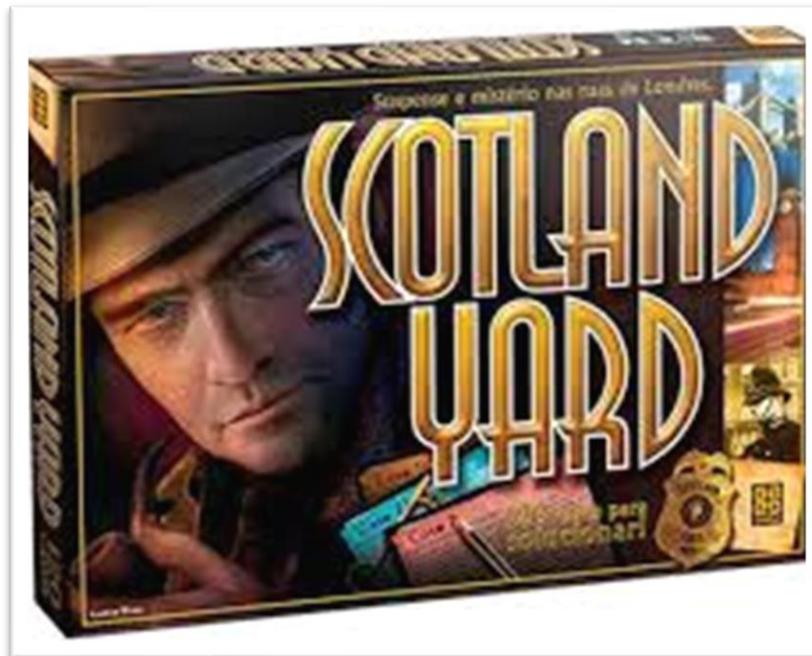
Neste capítulo, serão apresentadas e discutidas as percepções dos avaliadores sobre o jogo Química Case, além da elaboração do jogo que consiste no procedimento da construção do material. Estes tópicos servirão como base para o desenvolvimento e validação de um jogo que utiliza princípios da química forense como uma proposta de um material didático para as aulas de Química do Ensino Superior.

### **4.1. A elaboração, o contexto e o processo da construção do jogo “Química Case”.**

Considerando o objetivo deste trabalho, esse tópico trata-se da elaboração do jogo “Química Case” que à princípio seria como uma proposta de uma oficina temática, na qual foi sendo modificada até chegar ao formato de um jogo didático. A elaboração do jogo foi iniciada com o objetivo de desenvolver uma proposta de investigação criminal para se utilizar nas aulas de Química do Ensino Superior. Já que temas relacionados à Química Forense geram a curiosidade dos discentes pelos conteúdos de Química, partindo do pressuposto que seus conceitos são abordados em seriados e programas de televisão de cunho investigativo.

Assim, esse material foi pensado a partir de um jogo de tabuleiro chamado “Scotland Yard” (Figura 2). Este jogo consiste em simular os processos de uma investigação, no qual os jogadores, seguindo as pistas, devem encontrar o que é pedido no caso a ser desvendado (assassino, arma, motivo, ...). Além disso, como citado acima, Scotland Yard (SY) é um jogo de tabuleiro, cujo tabuleiro é composto de locais onde os "detetives" entram e leem pistas sobre o caso a desvendar. Sherlock Holmes (o jogador) e seu companheiro Dr. Watson são os personagens do jogo que tem o papel de descobrir os assassinos, os motivos, lugar do assassinato e mensagens secretas.

Apesar desse trabalho ter sido baseado em um jogo de tabuleiro, uma de suas finalidades é simular as investigações criminais dos programas televisivos de cunho investigativos, pois durante alguns momentos do jogo os participantes precisarão realizar alguns experimentos de identificação de indícios de sangue, impressão digital e análise de DNA, testes esses, que são comumente executados por profissionais forenses tanto na vida real, como nos seriados de investigação.



**Figura 2:** Jogo Scotland Yard.

Fonte: LOJAGROW, 2021.

Como o jogo Scotland Yard, o QC possui um caso fictício (Figura 3) de um crime que precisará ser solucionado, dicas que servirão de apoio para resolver o caso, uma cartilha para anotações das informações coletadas durante o jogo, um cadeado, uma chave e uma caixa com os locais das pistas. Além, de algumas regras que servirão de apoio para resolução do caso. Na Tabela 2 estão listados os objetos e as funções desses materiais entregues para os grupos no jogo, alguns deles, a citar: a chave, a cartilha para anotações e o cadeado foram inspirados no jogo SY.

## HISTÓRIA FICTÍCIA

### A Morte da Menina Stefanny Alcântara

Na manhã de um sábado de março de 2008, chega à mesa do detetive Michel Jackson, a Senhora Marta Alcântara pedindo-lhe ajuda em um caso acontecido com sua sobrinha Stefanny Alcântara. A Menina de cinco anos morreu após ser atirada do sexto andar do prédio onde seu pai morava. O crime aconteceu há poucas horas antes da visita da Senhora Alcântara à sala do Senhor Jackson. Ela, ainda abalada como toda a situação, conseguiu relatar que a menina de cinco anos morreu após ter caído do sexto andar de um prédio no centro da cidade de Itabaiana, e que, ela estava sob os cuidados do Pai e da Madrasta. Comovido com a história, o detetive Jackson logo se prontifica a ajudá-la e imediatamente os dois (Senhora Alcântara e Jackson) vão até a cena do crime. Ao chegar no local do crime, o corpo da criança ainda se apresenta no local, mediante os cuidados dos peritos. O detetive logo começa os interrogatórios, primeiro com o delegado responsável, o qual relatou que a polícia foi notificada pelo porteiro do prédio que havia uma criança morta no pátio do prédio e que aparentemente a mesma tinha caído de um dos andares do edifício. Em seguida, o detetive interrogou o porteiro do prédio que comentou que viu algo caindo do edifício e quando foi averiguar viu um corpo no chão, o qual se tratava da menina Stefanny. Logo após, o detetive interrogou o pai da criança, que ainda abalado com a situação, não conseguia dar detalhes do acontecido.

**Figura 3:** História fictícia do Jogo Química Case.

Fonte: Autoria, 2021.

**Tabela 2:** Lista de objetos a serem entregues durante o jogo e suas respectivas funções no jogo.

Objetos	Materiais de auxílio durante o jogo
<b>Cartilha</b>	Será utilizada para anotar as pistas que os participantes do jogo receberão ao visitar os locais de pistas existentes na Universidade Federal de Sergipe, Campus Professor Alberto Carvalho.
<b>Cadeado</b>	Servirá para trancar uma pista que o grupo achar importante para a solução do caso e não quer que os grupos adversários tenham acesso a ela. É importante ressaltar que cada grupo só poderá utilizar o trancamento da pista apenas uma vez.
<b>Chave</b>	Será utilizada para destrancar uma pista previamente trancada com cadeado por outro grupo. É importante ressaltar que cada grupo só poderá utilizar o destrancamento da pista apenas uma vez.
<b>Caixa</b>	É onde estarão dispostos os locais a serem visitados para coleta das pistas. Além disso, é nesta caixa que sorteados os locais de coleta das pistas. Vale ressaltar que somente será permitido a cada grupo pegar um papel por vez na caixa.

Fonte: Autoria, 2021.

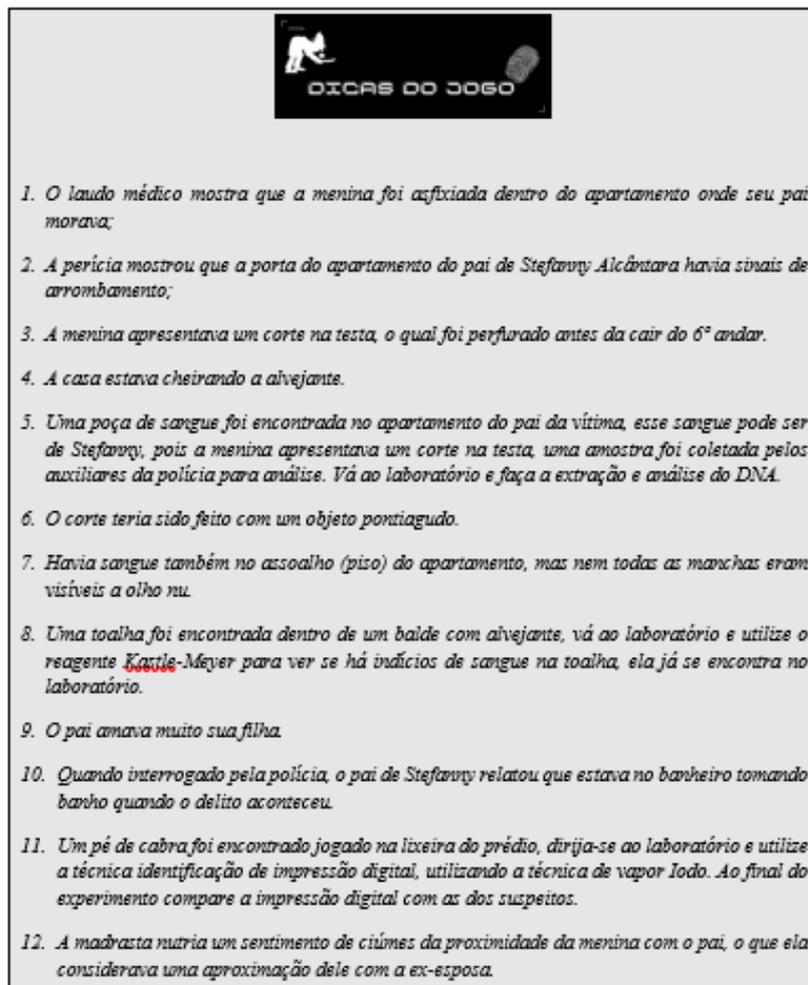
Em vez dos participantes jogarem em um tabuleiro de papelão como no jogo convencional, no Química Case será utilizado um tabuleiro “físico”, cujos locais de pistas onde os detetives (grupos de alunos) devem visitar para colherem as pistas sobre o caso serão os espaços específicos na Universidade Federal de Sergipe, *Campus* Professor Alberto Carvalho. Além disso, em vez de jogar dados, como é no jogo original, o grupo participante sorteará o próximo local a ser visitado. A Figura 4 apresenta uma imagem do tabuleiro físico, isto é, uma imagem aérea da Universidade Federal de Sergipe, *Campus* Professor Alberto Carvalho.



**Figura 4:** Imagem aérea da Universidade Federal de Sergipe, campus Professor Alberto Carvalho (Tabuleiro físico do jogo Química Case).

Fonte: Portal UFS - CAPES, 2021.

Ao iniciar o jogo, os alunos irão se dividir em grupos e em seguida serão entregues, a cada grupo, os objetos de auxílio que estão listados na Tabela 2. Além disso, os participantes poderão obter através de pistas coletadas durante o jogo, informações relacionadas ao autor do crime, como aconteceu o delito, além de instruções que podem levar os grupos a realizar experimentos com objetivo de auxiliar na resolução do caso. Na Figura 5, estão apresentadas as dicas que servirão de suporte para resolução do caso.



**Figura 5:** Dicas do jogo que servirão de suporte para resolução do caso fictício do jogo Química Case.

Fonte: Aatoria, 2021.

Como supracitado, é através das pistas que os participantes poderão obter algumas informações que auxiliarão na resolução do caso. Essas dicas foram criadas com o objetivo de ajudar a desvendar o caso, além de, propositalmente, possibilitarem aos grupos se deslocarem aos laboratórios para realizarem experimentos, como: identificação de impressão digital utilizando a técnica de vapor de iodo, extração do DNA do morango utilizando o detergente como solução extratora e teste de identificação de sangue com a utilização do reagente Kastle-Meyer, com o objetivo de colherem provas e solucionar o caso. É neste momento, durante a execução dos experimentos que serão discutidos os conceitos químicos, tais como: Ligação Iônica, Densidade e Solubilidade, Reações de Oxidação e Redução que servirão de suporte para explicação dos experimentos.

Com relação ao sorteio dos locais de coleta das pistas na caixa, funcionará da seguinte forma: somente será permitido a cada grupo pegar um papel por vez na caixa,

ou seja, a equipe escolhe um papel na caixa, visita o local descrito no papel, colhe a pista e assim, pode pegar outro papel que o direcionará a um local diferente. É importante ressaltar, que essa caixa contendo os diferentes locais de pistas ficará fixa no local de início do jogo. Além disso, cada grupo terá sua caixa e ela será diferenciada por diferentes cores. Assim como a caixa, as pistas nos locais a serem visitados também serão diferenciadas pela coloração, isto é, o grupo pega a pista da cor corresponde a sua caixa. É importante salientar que a escolha do local será de forma sorteada.

O jogo termina quando um dos grupos desvendar o caso. Esse grupo deverá voltar local de início do jogo, aguardará o grupo adversário terminar e por fim, seguindo a ordem de chegada, o grupo que chegou primeiro responderá sua conclusão do caso. Se esse grupo não conseguir desvendar o caso de forma correta passará sua vez para a outra equipe compartilhar suas conclusões sobre o caso.

Ao fim da construção do jogo Química Case, percebeu-se que através da junção das ideias dos conhecimentos prévios dos autores, do jogo Scotland Yard com a utilização de sua logística e de inspirações de algumas séries criminais sobre as simulações das técnicas de identificações das séries criminalísticas, foi possível elaborar uma ferramenta lúdica, que vai de acordo com objetivo desse trabalho.

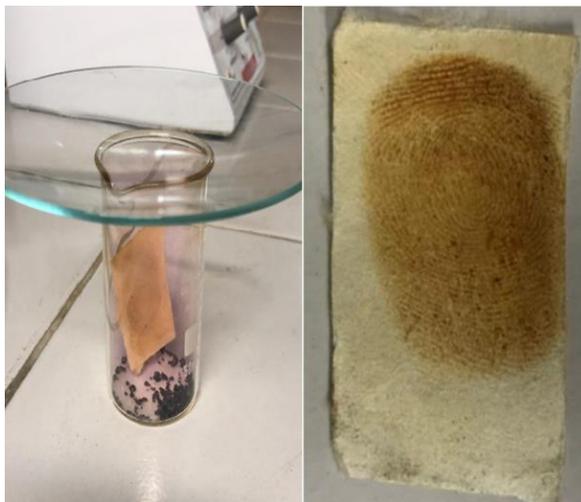
## **4.2 Os experimentos do jogo**

No jogo Química Case, os participantes executarão três experimentos:

- I- Identificação de impressão digital utilizando a técnica de vapor de Iodo;
- II- Extração do DNA do morango utilizando o detergente como solução extratora;
- III- Teste de identificação de sangue com a utilização do reagente Kastle-Meyer.

Esses experimentos servirão como pistas para solucionar o caso fictício do jogo e discutir alguns conceitos químicos, tais como: Ligação Iônica, Densidade e Solubilidade, Reações de Oxidação e Redução que servirão de suporte para explicação dos experimentos. Esses experimentos foram escolhidos propositalmente devido a sua fácil execução e compreensão dos conteúdos neles abordados, além de serem de grande importância para o ensino-aprendizagem dos alunos, pois possibilitam a reflexão, a elaboração de hipóteses, a interação, além de poder utilizar uma metodologia de ensino mais concreta.

O experimento de identificação de impressão digital (experimento I) utilizando a técnica de vapor de Iodo foi escolhido para fazer parte do material por conta da sua facilidade execução e de possuir uma alta qualidade de revelação, além de possibilitar a revelação de uma impressão digital que será utilizada como uma das dicas para resolução do caso. Apesar do Iodo ser sólido ele é capaz de sublimar, isto é, passa diretamente do estado sólido para o estado de vapor, isso acontece porque o iodo é uma substância simples e apolar o que proporciona para que suas interações intermoleculares não sejam tão fortes (ATKINS, P. W; JONES, L, 2014). Assim, quando a pessoa toca com os dedos em alguma superfície, ela deixa resíduos de gordura, suor, aminoácidos e proteínas. Esses resíduos devem ser transferidos para um papel e são esses resíduos que permitem obter, neste caso concreto, a forma da impressão digital, pois quando o iodo sublima, ele interage também por adsorção com as moléculas de gordura deixadas na digital formando um produto acastanhado, permitindo a visualização clara da digital (Figura 6) (ROSA, SILVA, 2014).



**Figura 6:** Impressão digital revelada com iodo.  
Fonte: Autoria, 2021.

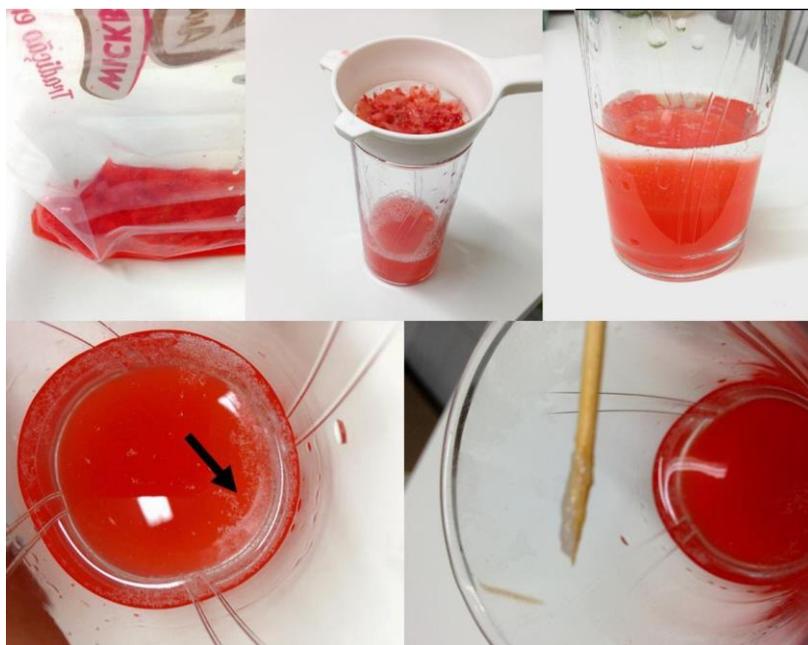
Diante disso, com esta prática experimental é possível inserir o conteúdo de forças intermoleculares, no qual essas forças estão diretamente relacionadas às propriedades como ponto de fusão, ponto de ebulição e a energia necessária para converter um sólido em um líquido ou um líquido em vapor, como também na aderência do Iodo as moléculas de gordura da impressão digital.

O experimento sobre a técnica de extração de DNA (ácido desoxirribonucleico) utilizando o detergente como solução extratora (experimento II) foi escolhido para fazer parte do experimento do jogo QC por possibilitar a utilização de uma amostra fictícia de sangue, o suco de morango. Esse suco tem o objetivo de simular uma amostra de sangue da vítima que será extraída, tornando o jogo o mais próximo da realidade e consequentemente mais atrativo. É importante salientar que não será feito a análise de DNA, apenas a extração e uma simulação da análise, pois nos laboratórios em que serão executados os experimentos não se dispõem de equipamentos que fazem esse tipo de análise.

Assim como o experimento I, o II foi também escolhido devido a facilidade de execução. Esse experimento permite visualizar um emaranhado formado por milhares de moléculas de DNA (Simulação do DNA). Isso é possível, pois durante a execução da prática são adicionados ao suco de morango (suposta amostra de sangue) alguns reagentes. O primeiro é o detergente que é empregado para dissolver gorduras ou lipídios, como a membrana celular tem em sua composição química uma grande quantidade de lipídios, sob a ação do detergente, estas se tornam solúveis e são extraídas junto com as proteínas que também fazem parte das membranas (BRUICE, 2010). Em seguida, o sal de cozinha ou NaCl (cloreto de sódio) é adicionado, este por sua vez fornece os íons que são necessários para a fase de precipitação do DNA. Por fim, adiciona-se o álcool que na presença dele e de concentrações relativamente altas de Na<sup>+</sup> (fornecidas pelo sal de cozinha) o DNA é precipitado. Isso é observado devido ao fato de a proteína DNA ser insolúvel em álcool, ou seja, ela não se dissolve no álcool, tornando possível sua visualização (ROSA, SILVA, 2014).

Nesse experimento, é possível explorar alguns conceitos químicos, como por exemplo, a Densidade, pois o sal quando adicionado aumenta a densidade do meio, facilitando a migração do DNA para o álcool (CHANG, R, 2010). É possível, também, explorar o conteúdo de Ligações Iônicas, pois o sal contribui com seus íons correspondentes (Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>), por ser um composto iônico. O conceito de solubilidade também pode ser abordado, pois a utilização do detergente afeta a permeabilidade das membranas, dissolvendo as gorduras ou lipídios, pois como a membrana celular tem em sua composição química uma grande quantidade de lipídios, sobre a ação do detergente, estas se tornam solúveis e são extraídas junto com as proteínas que também fazem parte das membranas e com o rompimento das membranas os conceitos celulares, incluído o

DNA e as proteínas, são liberados dispersando na solução, o DNA não se dissolve no álcool. Como resultado, ele aparece à superfície da solução aquosa devido ser menos denso que a água, entretanto, é mais denso que o etanol, permanecendo, portanto, na interface dos dois líquidos (BRUICE, 2010). Na Figura 7, está apresentado o experimento de extração de DNA.



**Figura 7:** Experimento de extração de DNA do morango.  
Fonte: Autor desconhecido.

O experimento III se trata do teste de identificação de sangue com a utilização do reagente Kastle-Meyer. Este experimento foi escolhido devido a necessidade de utilizar no jogo um experimento de detecção de sangue. Além, de ser um experimento muito interessante, de fácil execução e boa qualidade de detecção. Essa técnica consiste em um teste presuntivo de averiguar vestígios de sangue nas cenas de crimes. Esse teste utiliza o reagente de Kastle-Meyer, que é composto por água destilada, fenolftaleína, hidróxido de sódio e pó de zinco. No experimento, deve ser utilizada uma toalha que faz parte do conjunto de pistas para solucionar o caso e que será encontrada dentro de um balde com alvejante durante a coleta de pistas. Depois de seca, a toalha deve ser pulverizada com spray do reagente e em seguida. Adiciona-se algumas gotas de  $H_2O_2$  a 5%. Se a amostra adquirir um tom rosado, com o tempo de aproximadamente 15 min, significa que o teste

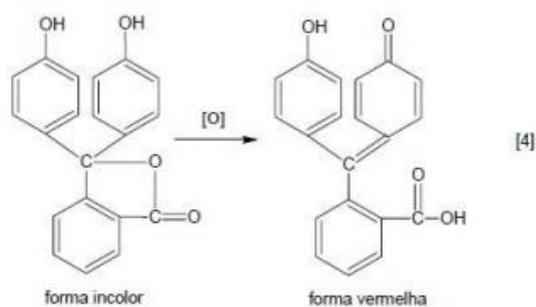
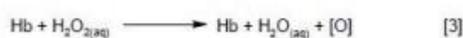
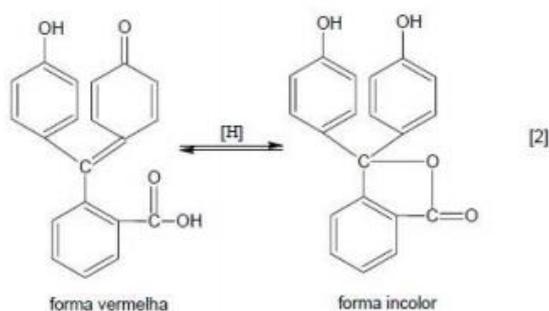
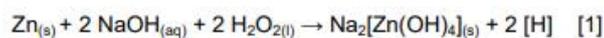
<sup>2</sup>A Figura 7 foi obtida no Word através adição de imagens online no próprio programa, essa figura é licenciada para uso.

forneceu resultado positivo para presença de sangue (ROSA, SILVA, 2014). Na Figura 8 podemos observar o resultado do experimento de detecção de sangue utilizando o reagente Kastle-Meyer.



**Figura 8:** Experimento de detecção de sangue utilizando o Reagente Kastle-Meyer.  
Fonte: Aatoria, 2021.

Através do experimento supracitado, pode-se explorar alguns conteúdos químicos, como por exemplo, Reações de Oxirredução, pois ao adicionar o zinco metálico em pó na solução básica (solução inicial preparada a partir da adição de hidróxido de sódio em água destilada e um indicador ácido-base, a fenolftaleína) e logo em seguida, essa solução é submetida a aquecimento em fogo brando é possível observar o desaparecimento da cor vermelha, dando lugar a uma solução incolor. Essa solução torna-se transparente devido ao Hidrogênio, que é dotado de propriedades redutoras, reduzir o indicador (Equação 1). Ao adicionar o Peróxido de Hidrogênio, a atividade catalítica das moléculas da hemoglobina (Hb) entram em ação e decompõem o Peróxido de Hidrogênio em água e Oxigênio (Equação 2). Então, este oxigênio reage com a fenolftaleína, convertendo-a em sua forma oxidada, que apresenta a coloração rósea inicial, como mostrado no esquema da reação abaixo, Figura 9 (CHANG, R, 2010).



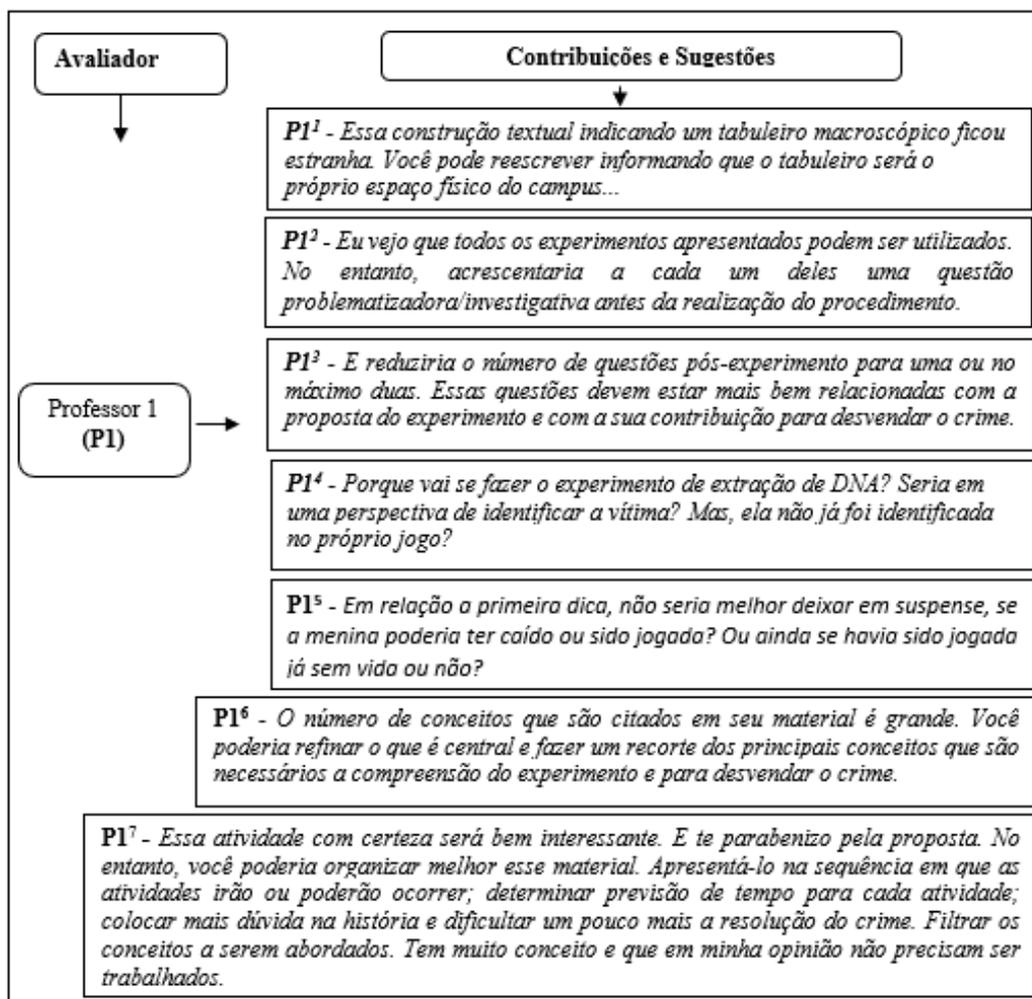
**Figura 9:**Reações envolvidas durante a preparação do Reagente Kestle-Meyer.

Fonte: OLIVEIRA, R. et al, 2016.

### 4.3. Percepções dos avaliadores sobre o jogo Química Case.

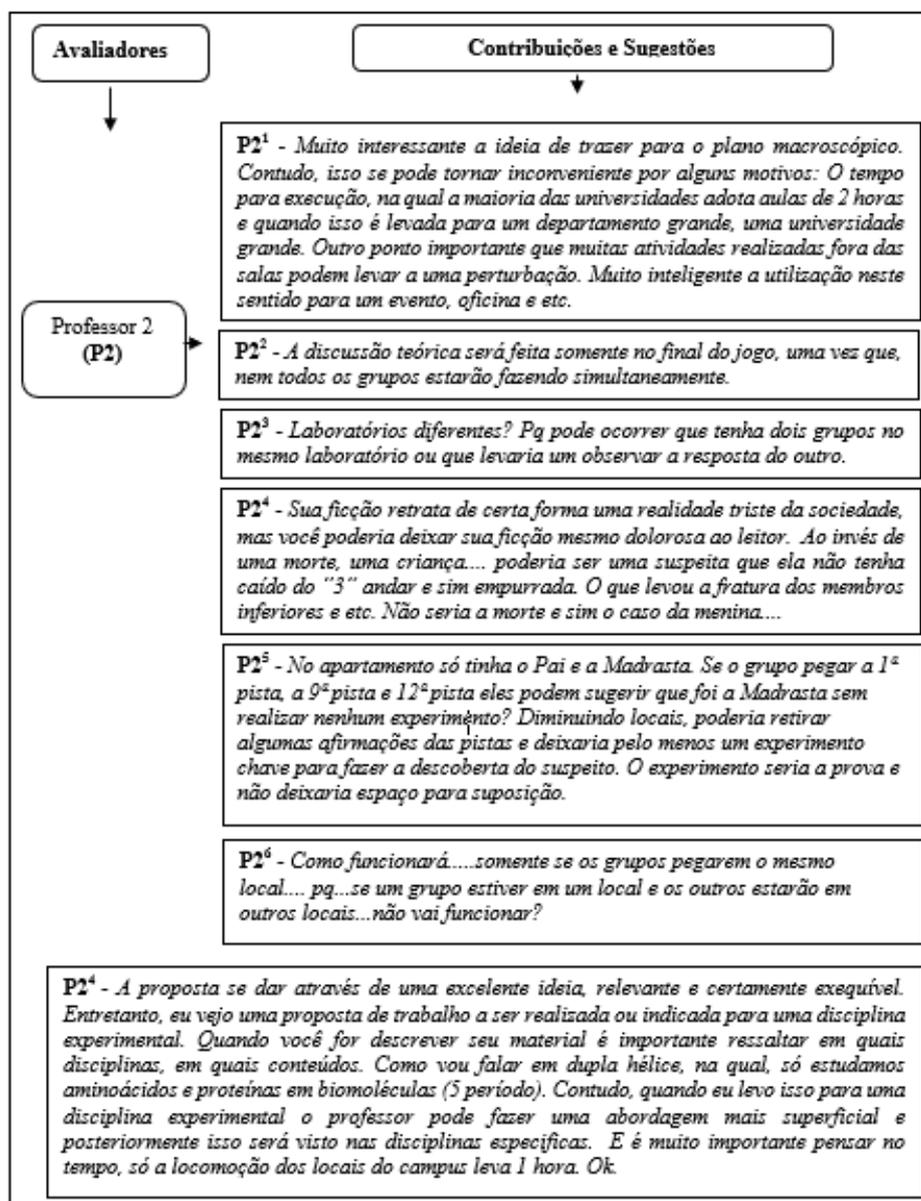
As sugestões de melhorias e modificações feitas pelos avaliadores (Professores) foram escritas, na forma de comentários, nas seções e caixas de textos presentes no material (jogo) entregue a eles. Esses comentários tiveram como objetivo colher as contribuições dos avaliadores sobre o material, para assim, de acordo com seus relatos aperfeiçoá-lo e em seguida, fazer sua validação. Os Quadros 1 e 2 apresentam seus comentários.

**Quadro 1:** Percepções do Avaliador 1 (P1) sobre o jogo Química Case.



Fonte: Autoria, 2021.

Quadro 2: Percepções do Avaliador 2 (P2) sobre o jogo Química Case.



Fonte: Autoria, 2021.

Os primeiros comentários dos avaliadores (P1<sup>1</sup> e P2<sup>1</sup>) foram em relação a ideia de trazer o jogo para o plano macroscópico, nesses relatos observa-se que para o avaliador 2, no comentário P2<sup>1</sup>, que a ideia é muito interessante, porém deve-se ter cuidado com relação a logística do jogo, ou seja, como será aplicado, de modo que não afete o funcionamento do local em que será aplicado o presente material, já que o jogo “Química Case” envolve uma série de etapas realizadas em diferentes locais.

Ao contrário de P2 o avaliador 1 (P1) aponta em seu comentário P1<sup>1</sup> que a elaboração textual sobre o plano macroscópico não ficou clara, segundo ele seria melhor reescrever esse tópico, informando que em vez de utilizar o termo macroscópico, descrever que o tabuleiro do jogo será o próprio espaço físico do campus.

Nestas falas (P1<sup>1</sup> E P2<sup>1</sup>), observa-se a importância de reescrever essa construção textual do termo macroscópico com o objetivo de deixar claro sobre o que é esse plano. Assim, foi alterado no material o termo macroscópico para o espaço físico da Universidade Federal de Sergipe, *Campus* Professor Alberto Carvalho. Além disso, também foi definido o tempo de execução total do jogo de 5 horas como sugerido por P1 e P2.

No segundo comentário sobre a seção dos experimentos, o Avaliador 1 sugere em seu comentário (P1<sup>2</sup>) a adição de uma questão problematizadora ou investigativa antes da realização do procedimento com o objetivo de instigar os alunos sobre a prática e aferir sobre o que os participantes sabem sobre a temática. O professor também destaca nesse comentário que todos experimentos são pertinentes e podem ser utilizados. Além disso, ainda sobre essa seção dos experimentos o P1 no comentário P1<sup>3</sup> recomenda a redução do número de questões pós-experimentos, que estas perguntas sejam relacionadas com o caso fictício e que contribuam para a resolução do caso.

Nos relatos P1<sup>2</sup> e P1<sup>3</sup> sobre os experimentos, constata-se que esses comentários são bastante pertinentes, diante disso foi introduzido no material algumas questões investigativas, porém, ao contrário do que foi sugerido pelos avaliadores, isto é, a adição de algumas questões no início do experimento, foram adicionado alguns questionamentos investigativos para uso no decorrer da execução do experimento com o objetivo de deixá-los mais conectados com o jogo e tornando-os mais interativos, como por exemplo: Qual é a importância desse experimento para o desvendamento de crimes?, Qual é a importância desse experimento para o desvendamento de crimes?, entre outras.

Ainda na seção dos experimentos do jogo, o avaliador 2 fez dois questionamentos em comentários diferentes. No primeiro (P2<sup>2</sup>), ele questiona sobre a discussão dos experimentos, se será realizado ao final do jogo ou durante, visto que nem todos os grupos realizarão os experimentos ao mesmo tempo, por conta da logística do jogo que poderá direcionar os grupos a locais distintos. Já no segundo comentário (P2<sup>3</sup>), o avaliador pergunta sobre o local de realização dos experimentos, pois ele destaca que uma possível

execução do mesmo experimento por ambos os grupos em um mesmo laboratório na mesma hora, pode ocorrer de um grupo observar a resposta do outro.

Com relação aos relatos do avaliador 2 (P2<sup>2</sup> E P2<sup>3</sup>) sobre a logística de execução dos experimentos durante o jogo, foi definido que no final, após a coleta de todas as pistas os grupos vão ao laboratório para realizarem os experimentos. Além disso, os experimentos serão realizados em dois laboratórios com o objetivo impedir que os grupos observem a resposta do outro.

Na parte do jogo que trata sobre caso fictício de um crime que os alunos irão se deparar com um caso fictício que precisará ser solucionado. O avaliador 2, em seu comentário (P2<sup>4</sup>) deixado na seção, relatou que a ficção elaborada é uma realidade triste da sociedade, porém, ele sugeriu que a história fictícia fosse escrita em uma versão menos dolorosa, que em vez da morte de uma criança, fosse um caso de suspeita de atentado de morte sobre uma criança, isto é, ela não morreu, na qual tivesse sofrido algumas fraturas devido à queda, porém ainda estaria viva.

Esse comentário (P2<sup>4</sup>) é bastante interessante, pois é de conhecimento de todos que temas relacionados a morte, principalmente de crianças, é bastante comovente e ao mesmo tempo tenso. A sugestão dele é válida, porém por conta do tempo, não será possível reestruturar o caso, mas em uma outra ocasião pode-se pensar em criar outro caso fictício menos trágico, talvez até engraçado.

Na seção das dicas do jogo que servirão de suporte para resolução do caso, o avaliador 1 sugeriu em seu comentário (P1<sup>5</sup>) que a primeira dica fosse retirada para deixar em suspense sobre se a criança teria caído ou empurrada do apartamento e se estaria morta ou não quando foi jogada. Nessa dica de número um (Figura 5) é relatado sobre um laudo médico fictício que mostrava que a menina foi asfixiada dentro do apartamento onde seu pai morava, levando a considerar que a vítima foi jogada do sexto andar já morta. Já o avaliador 2 no seu comentário (P2<sup>5</sup>) recomenda que seja retirada algumas informações das pistas deixando os experimentos para constatação das provas, pois ele relata que algumas dicas do jogo já levam a supor o autor do crime, sem mesmos os grupos precisarem realizar os experimentos.

Nas falas dos avaliadores (P1<sup>5</sup> e P2<sup>5</sup>), foi possível observar algumas lacunas que precisam ser preenchidas sobre a logística das dicas, pois como mencionou P1 algumas dicas de imediato já levam a supor o autor do crime sem mesmo os participantes precisar

visitar outros locais para colherem pistas, algumas dessas dicas foram alteradas e outras permanecidas após uma análise do material novamente por conta dos relatos de P1 e P2.

O avaliador 1, na seção de discussão dos conteúdos químicos dos experimentos do jogo, em um comentário (P1<sup>6</sup>), apontou que o material continha uma grande quantidade de conceitos citados, assim foi sugerido por ele que o autor fizesse o refinamento com os principais conteúdos necessários para discussão dos experimentos e para o desvendamento do caso fictício do jogo

Essa sugestão de P1 foi uma das modificações que já se conhecia, sobre sua importância de refinar os principais conteúdos químicos na explicação dos experimentos, porém por conta do tempo, não foi possível fazer as devidas correções a tempo de enviar o material (jogo) no prazo para os avaliadores para validação. Assim, através dos relatos de P1 foi verificado e reforçado sobre importância de fazer os recortes dos principais conceitos necessários para compressão e resolução do caso. Esses recortes foram feitos e interligados com o caso fictício do jogo.

Ao final da leitura do material foi pedido aos avaliadores que fizessem uma avaliação acerca do que acharam sobre o jogo, as sugestões melhorarias e mudanças de cada parte do jogo, inclusive da parte química. O avaliador 1 comentou (P1<sup>7</sup>) que o material é muito interessante, mas que fosse feita algumas alterações. Ele sugeriu organizar melhor o material no sentido de apresentar uma sequência em que as atividades poderão ocorrer, refinar os conceitos químicos que são abordados no experimento, além de definir uma previsão de tempo para cada atividade do jogo. Já o avaliador 2 relatou em seu comentário (P2<sup>7</sup>) que a proposta é bastante pertinente, mas é importante que seja definido quais disciplinas do curso de química são indicadas para aplicação desse jogo. Além disso, o P2 destaca, assim como P1, a importância de se definir tempo de execução do jogo. Essa avaliação geral, assim como todas as outras que foram deixadas no decorrer das seções do trabalho pelos avaliadores, foi de extrema relevância para o trabalho, pois através dessa avaliação permitiu fazer algumas reflexões acerca da atividade desenvolvida.

No relato P2<sup>7</sup> sobre a importância de se definir tempo de execução do jogo, como já mencionado nos parágrafos acima, foi definido o tempo de realização para 5 horas. Já com relação ao comentário sobre quais disciplinas do curso de química são indicadas para aplicação desse jogo como recurso didático, no material não foi citado sobre isso, pois

esse material pode ser utilizado em diferentes disciplinas, cabe ao professor que desejar utilizar o material analisar e definir se o mesmo pode ser utilizado em sua disciplina.

Assim, através dos comentários deixados no material pelos avaliadores com as sugestões de melhorias e mudanças para o material. Foi possível identificar possíveis problemas e lacunas deixadas no jogo. Essa etapa consistiu na validação interna do material, isto é, avaliar a eficácia do jogo em relação aos seus objetivos. Esse tipo de validação possibilitou uma reflexão dos pontos a serem melhorados no trabalho (MENEZES, A.M. et al, 2013).

Além disso, em trabalhos futuros, pensa-se em elaborar mais casos com temas menos dramáticos, que sejam além engraçados e que abordam apenas um experimento visando diminuir o tempo de execução do jogo tornando possível ser aplicado em aulas com um intervalo de tempo de duas horas. Todos comentários dos avaliadores foram colhidos e analisados com o objetivo de selecionar as sugestões mais pertinentes para posteriormente modificar o material. Ao final, foi criada uma versão final do jogo baseada nos relatos dos avaliadores e que está sendo apresentado nesse trabalho no Apêndice I (MENEZES, A.M. et al, 2013)

## **5. CONCLUSÃO**

Foi possível elaborar e validar por professores um jogo, como um material didático que pode ser utilizado pelos docentes do Ensino Superior como uma possibilidade de ajudar na melhoria da aprendizagem dos alunos acerca dos conteúdos químicos, por meio da temática da Química Forense. Além disso, através dos relatos dos avaliadores, com o propósito de validar o material, foi constatado alguns possíveis problemas deixados na elaboração do material que, após a identificação, foram analisados e corrigidos. Essa investigação possibilitou uma reflexão dos pontos a serem melhorados para construção da versão final do jogo (Apêndice I). Assim, ao final da validação foi possível criar um material lúdico que vai instigar à curiosidade dos discentes pelo conteúdo de química, por meio de métodos didáticos como, a experimentação e o jogo, podendo assim ser utilizado como uma proposta diferenciada de ensino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATKINS, P. W; JONES, L. Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

BOGDAN, R. C; BIKLEN. S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos.** Porto: Porto Editora; 1994.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: introdução.** Brasília: MEC/SEB, 1998.

BRUICE, Paula Yurkanis. Química orgânica. 4.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

BROWN, T. L.; JR, H. E. L.; BURSTEN, B. E.; BURDGE, J. R.. Química: a ciência central. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002.

BRITO, L. C. C.; MARCIANO, E. P.; CARNEIRO, G. M. B.; SOUSA, R. M.; BROUGERE, G. **O Jogo e a Educação.** Porto Alegre: Art Med Editora, 1998.

CHANG, R. Química Geral: Conceitos Essenciais. 4ª Ed. São Paulo: AMGH, 2010. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=1wlkVR-WPzAC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>. Acessado em: 13 fev. 2018.

CRUZ, A. A.C; RIBEIRO, V.G.P; LONGHINOTTI, E; MAZZETTO, S.E. **A Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação Investigativa e Lúdica.** Química Nova na Escola. São Paulo. Vol. 38, Nº 2, p. 167-172, MAIO 2016.

CUNHA, M. B. **Jogos no ensino de química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula.** Química Nova na Escola, vol. 34, n. 2, p. 92-98, 2012.

FARIAS, R.F. **Introdução à química forense.** Campinas: Átomo, 2008.

FLICK, V. **Introdução a pesquisa qualitativa.** Porto Alegre: Artmed, 2009.

KISHIMOTO, T. M. (org). São Paulo: Cortez Editora, 1996. BROUGERE, G. **O Jogo e a Educação.** Porto Alegre: Art Med Editora, 1998.

LIMA, R. S.; SANTOS, A. O.; SÁ, L. V. **Química Forense: Uma proposta de Ensino Contextualizado.** XVIII ENEQ, Florianópolis, 2016.

LIMA; Maria da C M de; OLIVEIRA, Lucilene G. de; RIBEIRO, Natália de S. **A implantação de uma horta orgânica: uma alternativa para educação ambiental no ensino de Química.** XVI ENEQ e X Eduqui. Salvador-Ba, 2012.

LOJAGROW. **Jogo de Tabuleiro Scotland Yard - Loja Grow**. Disponível em: <<https://www.lojagrow.com.br/jogo-scotland-yard---grow-01730/p>>. Acesso em: 4 jan. 2021.

MATHEWSON, J.H. (1999). **Visual-spatial thinking: an aspect of science overlooked by educators**. Science Education, 83, 33-54.

MENEZES, A.M; SANTOS, R.B; NASCIMENTO, C.S; SILVA, E.L; SILVA J.C. **Validação de sequências de ensino-aprendizagem em aulas de Química de escolas secundárias do estado de Sergipe-Brasil**. Investigación y experiencias didácticas, Espanha, n. 31, v. 1, 2013.

MENEZES, A.M; SANTOS, R.B; NUNES, C.T.S; FONTES, R.C; SILVA, E.L. **Eficácia de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem sobre Termoquímica**. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC, Águas de Lindóia, 2013. **Anais...** Águas de Lindóia, Processos e materiais educativos na Educação em Ciências, 2013.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces**. Ciências e Educação, v.12, 2006.

MOREIRA, M.A. (1999). **Aprendizagem Significativa**. Brasília: Editora UnB (coleção Publicações Acadêmicas do CESPE).

OLIVEIRA, R.; SANTOS, D.; SOUZA, D. **Utilização de experimentos de química forense no ensino de química**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <<http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0423-1.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2021.

PIZZATO, M. C. **Desenvolvimento de atitude investigativa e conhecimento científico através da Química Forense**. IFRS. Rio Grande do Sul, 2015.

**Portal UFS - Campus Prof. Alberto Carvalho (UFS Itabaiana) tem seu primeiro Programa de Mestrado Acadêmico aprovado pela CAPES**. Disponível em: <<http://itabaiana.ufs.br/conteudo/64526-campus-prof-alberto-carvalho-ufs-itabaiana-tem-seu-primeiro-programa-de-mestrado-academico-aprovado-pela-capes>>. Acesso em: 5 jan. 2021.

ROSA, M. F; SILVA, P.S; GALVAN, F. **Ciência forense no ensino de química por meio da experimentação**. Química Nova na Escola, v.0, n.0, 2014.

SOARES, M. H. F. B. **Jogos e Atividades Lúdicas no Ensino de Química: Teoria, Métodos e Aplicações**. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, p. 1-12, 2008.

SOARES, M. H. F. B.; OKUMURA, F.; CAVALHEIRO, T. G. **Proposta de um jogo didático para ensino do conceito de equilíbrio químico**. Química Nova na Escola, n. 18, p. 13-17, 2003.

SOARES, M.H.F.B. **O Lúdico em Química: Jogos e Atividades Aplicadas ao Ensino de Química**. Universidade Federal de São Carlos. São Paulo, 2004.

## APÊNDICE I



### ➤ INTRODUÇÃO

A curiosidade do público em saber como se desenvolve uma investigação criminalística para se determinar os motivos e autoria dos crimes, tem sido cada vez mais frequente em razão das séries televisivas que retratam o cotidiano das equipes de pesquisadores forenses (CRUZ et al, 2014). Assim, esse jogo foi construído pensando no interesse das pessoas pelas Ciências Forenses e áreas afins (CRUZ et al, 2014).

A elaboração de um material didático de acordo com o eixo contextual Química Forense (QF), a ser trabalhado, se deu principalmente por proporcionar a curiosidade dos discentes pelos conteúdos de Química, partindo do pressuposto que seus conceitos são abordados em seriados e programas de televisão de cunho investigativo. Podendo assim ser utilizado como uma proposta diferenciada de ensino, para que o estudante entenda os conteúdos químicos utilizados nos métodos científicos das investigações criminais. Além disso, este jogo visa estimular a curiosidade dos discentes pelo conteúdo de química, por meio de métodos didáticos com a abordagem da QF, mostrando atividades experimentais que tratam o tema desafiador, podendo assim ser utilizado como uma proposta diferenciada de ensino.

Aqui propomos o jogo denominado “Química Case” que foi baseado em um jogo de tabuleiro chamado “Scotland Yard” que consiste em simular os processos de uma investigação, no qual os jogadores, seguindo as pistas, devem encontrar o que é pedido no caso a ser desvendado (assassino, arma, motivo, ...). Além disso, como citado acima, Scotland Yard é um jogo de tabuleiro que representa a cidade de Londres, este tabuleiro é composto de locais nos quais os participantes devem visitar para obterem as pistas e então desvendar o caso. Sherlock Holmes (o jogador) e seu companheiro Dr. Watson são os

personagens do jogo que tem o papel de descobrir entre outras coisas, assassinos, motivos, lugar do assassinato e mensagens secretas.

### ➤ **REGRAS EXPLÍCITAS**

Como no jogo Scotland Yard, este jogo também é composto de locais a serem visitados, porém em vez dos participantes jogarem em um tabuleiro de papelão como no jogo convencional. No Química Case será utilizado um tabuleiro “físico”, cujos locais de pistas onde os detetives (grupos de alunos) devem visitar para colherem as pistas sobre o caso serão os espaços específicos na Universidade Federal de Sergipe, *Campus* Professor Alberto Carvalho. Além disso, em vez de jogar dados, como é no jogo original, o grupo participante sorteará o próximo local a ser visitado.

✚ **Locais das pistas** (locais existentes na Universidade Federal de Sergipe, *Campus* Professor Alberto Carvalho):

- Vivência;
- Sala de reuniões DQCI;
- Bloco C;
- Salas modulares;
- Sala dos técnicos;
- Laboratório 1;
- Laboratório 2;
- Mini auditório;
- Auditório;
- Estufa;
- Anfiteatro;
- Bloco A.

✚ **Tempo de execução do jogo.**

Este jogo tem um tempo de duração de 5 horas, porém pode-se estender a depender das necessidades do aplicador do material.

### ➤ **INSTRUÇÕES DO JOGO**

Inicialmente, os alunos irão se dividir em grupos e em seguida será entregue a cada grupo, uma cartilha para anotações das informações coletadas durante o jogo, um cadeado, uma chave e uma caixa

com os locais das pistas. Na tabela abaixo estão listados os objetos e a função desses materiais entregues para os grupos no jogo.

**Tabela 3:** Lista de objetos e suas respectivas funções no jogo.

<b>Objetos</b>	<b>Materiais de auxílio durante o jogo</b>
<b>Cartilha</b>	Será utilizada para anotar as pistas que os participantes do jogo receberão ao visitar os locais existentes na Universidade Federal de Sergipe, <i>Campus</i> Professor Alberto Carvalho.
<b>Cadeado</b>	Servirá para trancar uma pista que o grupo achar importante para a solução do caso e não quer que os grupos adversários tenham acesso a ela. É importante ressaltar que cada grupo só poderá utilizar o trancamento da pista apenas uma vez.
<b>Chave</b>	Será utilizada para destrancar uma pista previamente trancada com cadeado por outro grupo. É importante ressaltar que cada grupo só poderá utilizar o destrancamento da pista apenas uma vez.
<b>Caixa</b>	É onde estarão dispostos os locais a serem visitados para coleta das pistas. Além disso, é nesta caixa que serão sorteados os locais de coleta das pistas. Vale ressaltar que somente será permitido a cada grupo pegar um papel por vez na caixa.

Fonte: Autoria, 2021.

Os participantes poderão obter informações relacionadas ao autor do crime, como aconteceu o delito e também instruções que podem levar os grupos a realizar experimentos com objetivo de auxiliar na resolução do caso através das pistas que serão coletadas nos locais sorteados na caixa.

Com relação ao sorteio dos locais de coleta das pistas na caixa, somente será permitido a cada grupo pegar um papel por vez na caixa, ou seja, a equipe pega o papel na caixa, visita o local descrito no papel, colhe a pista e assim, pode pegar outro papel novamente que o direcionará a outro local. É importante ressaltar, que essa caixa contendo as informações dos locais de pistas ficará fixa no local de início do jogo. Além disso, cada grupo terá sua caixa e ela será diferenciada pela cor. Assim como a caixa, as pistas nos locais a serem visitados também serão diferenciadas pela coloração, isto é, o grupo pega a pista da cor corresponde a sua caixa. É importante salientar que a escolha do local será de forma sorteada.

O jogo termina quando um dos grupos desvendar o caso. Esse grupo deverá voltar ao local de início do jogo, aguardará o grupo adversário terminar e por fim, seguindo a ordem de chegada, o grupo

que chegou primeiro responderá sua conclusão do caso. Se estiver errado, o grupo passa sua vez para a outra equipe compartilhar suas conclusões sobre o caso.

## ➤ EXPERIMENTOS

### ❖ EXPERIMENTO 1: Extração do DNA, utilizando-se o detergente como solução extratora:

✚ **Procedimento experimental de preparo do suco de morango que será utilizado como suposta amostra de sangue, a ser realizado pelo professor/técnico.**

#### ✚ **Materiais e Reagentes**

- 1 saco plástico tipo “zip loc”;
- 1 morango (fresco ou congelado);
- 1 filtro de papel;
- 1 funil de separação simples.
- Água de preferência mineral.

✚ **Prepara do suco de morango (Suposta amostra de sangue)**

- Coloque um morango, previamente lavado e sem as sépalas (as folhinhas verdes) em um saco zip loc.
- Esmague o morango com o punho por, no mínimo, dois minutos.
- Em seguida adicione 150 mL de água.
- Despeje o extrato no funil de filtração simples e deixe filtrar diretamente dentro.

✚ **Procedimento experimental de Extração do DNA a ser realizado pelos alunos.**

#### ✚ **Materiais e Reagentes**

- 3 mL de detergente de preferência sem corantes;
- 2 g de NaCl;
- Álcool etílico gelado (pode ser álcool 90° GL.);
- 1 tubo de ensaio limpo;
- 1 bastão de vidro.

✚ **Método experimental de Extração do DNA**

- Pegue a amostra de uma poça de sangue encontrada no apartamento do pai da vítima coletada pelos auxiliares da polícia.
- Adicione a amostra 3 mL de detergente e 2 g de NaCl.



A partir desse experimento o professor poderá realizar algumas discussões teóricas acerca das observações feitas na sua realização, como por exemplo:

- *Quais são as etapas de extração do DNA?*

- *Qual a função do detergente, do sal e do etanol nesse experimento?*

- *Por que você não pode ver a olho nu a dupla-hélice do DNA?*

- *Qual é a importância desse experimento para o desvendamento de crimes?*

- Posteriormente, adicione a amostra o álcool gelado no tubo, até que ele esteja pela metade.
- Mergulhe o bastão de vidro dentro do tubo no local onde a camada de álcool faz contato com a camada de extrato.
- Mantenha o tubo ao nível dos olhos para ver o que está acontecendo.

❖ **EXPERIMENTO 2: Identificação de impressão digital, utilizando a técnica de vapor de Iodo.**

✚ **Materiais e Reagentes**

- Um béquer 50 mL;
- Placa de aquecimento;
- Pinça de metal;
- Vidro relógio;
- 1,0 g de Iodo sólido, em palhetas;
- Papel de filtro;

✚ **Método experimental.**

- Em um béquer de 50 mL, adicione 1,0 grama de Iodo sólido e cubra com um vidro relógio.
- Em seguida aqueça o Iodo com auxílio de uma manta de aquecimento por alguns segundos, até que se inicie a sublimação do Iodo.
- Com o auxílio da pinça, coloque a impressão digital recolhida de um pé de cabra que foi encontrado jogado na lixeira do prédio dentro do erlenmeyer por alguns segundos (tenha o cuidado de o manter sempre tapado com o vidro relógio).
- Observe impressão digital detectada e compare com as dos suspeitos.

❖ **EXPERIMENTO 3: Teste de identificação de sangue com a utilização do reagente Kastle-Meyer.**

✚ **Procedimento experimental de preparação do reagente Kastle-Meyer que será utilizado com reagente de detecção de sangue, a ser realizado pelo professor/técnico.**

✚ **Materiais e reagentes**

- 0,25 g de fenolftaleína;



A partir desse experimento o professor poderá realizar algumas discussões teóricas acerca das observações feitas, como por exemplo:

- Com base em seu conhecimento químico, de que forma esse experimento aconteceu?

- Qual a função do Iodo nesse experimento?

- Na sua opinião esse experimento pode ser utilizado pelos peritos criminais?

- Vocês já ouviram falar ou tiveram



Questões propostas para discussão do experimento de identificação de sangue.

- Você conseguiu compreender como se procede a identificação do sangue? Justifique?

- Você já ouviu falar de outras técnicas de identificação de sangue utilizando outro reagente? Quais?

- 5,0 g de Hidróxido de Sódio;
- 5,0 g de pó de Zinco metálico;
- Água destilada;
- 2,5 mL de etanol;
- Agitador magnético com aquecimento;
- Barra magnética (Peixinho);
- Béquer de 250 mL.

#### **✚ Procedimento experimental de preparação do reagente Kastle-Meyer.**

- Em um béquer de 250 mL, prepare uma solução contendo 5,0 g de Hidróxido de Sódio e 23 mL de água destilada e também 0,25 g de fenolftaleína dissolvida em 2,5 mL de etanol.
- Em seguida, nesta mesma solução adicione 5,0 g de Zinco Metálico em pó.
- Posteriormente, aqueça a solução em uma chapa de aquecimento sobre agitação por aproximadamente 1 hora a 150 °C.
- A cor da solução muda de rósea para incolor e um depósito de zinco metálico ficará no fundo do béquer.
- O reagente deverá ser armazenado em um frasco âmbar contendo zinco metálico no fundo do frasco, para manter a solução na forma reduzida, além de ser refrigerada.

#### **✚ Procedimento experimental de detecção de sangue a ser realizado pelos alunos.**

##### **✚ Materiais e reagentes**

- Água destilada;
- Peróxido de Hidrogênio a 5 %;
- Amostra (Suposta toalha contendo sangue).
- Reagente Kastle-Meyer.

##### **✚ Método Experimental de detecção de sangue.**

- Pegue uma amostra da toalha que foi encontrada dentro de um balde com alvejante e regue com água destilada (Cuidado para não encharcar muito a amostra).
- Em seguida, adicione algumas gotas do reagente Kastle-Meyer sobre o a toalha.
- Posteriormente, Ainda na toalha, adicione algumas gotas de peróxido de Hidrogênio a 5%.
- Observe se há indícios de sangue na toalha.

#### **✚ HISTÓRIA FICTÍCIA**

##### **A Morte da Menina Stefanny Alcântara**

Na manhã de um sábado de março de 2008, chega à mesa do detetive Michel Jackson, a Senhora Marta Alcântara pedindo-lhe ajuda em um caso acontecido com sua sobrinha Stefanny Alcântara. A Menina de cinco anos morreu após ser atirada do sexto andar do prédio onde seu pai morava. O crime aconteceu há poucas horas antes da visita da Senhora Alcântara à sala do Senhor Jackson. Ela, ainda

abalada como toda a situação, conseguiu relatar que a menina de cinco anos morreu após ter caído do sexto andar de um prédio no centro da cidade de Itabaiana, e que, ela estava sob os cuidados do Pai e da Madrasta. Comovido com a história, o detetive Jackson logo se prontifica a ajudá-la e imediatamente os dois (Senhora Alcântara e Jackson) vão até a cena do crime. Ao chegar no local do crime, o corpo da criança ainda se apresenta no local, mediante os cuidados dos peritos. O detetive logo começa os interrogatórios, primeiro com o delegado responsável, o qual relatou que a polícia foi notificada pelo porteiro do prédio que havia uma criança morta no pátio e que aparentemente a mesma tinha caído de um dos andares do edifício. Em seguida, o detetive interrogou o porteiro do prédio que comentou que viu algo caindo do edifício e quando foi averiguar viu um corpo no chão, o qual se tratava da menina Stefanny. Logo após, o detetive interrogou o pai da criança, que ainda abalado com a situação, não conseguia dar detalhes do acontecido.

O detetive precisa de sua ajuda para desvendar esse caso, ele precisa saber:

- ✚ Quem matou a menina Stefanny Alcântara?
- ✚ Qual motivo que levou a matá-la?

#### ✚ **SOLUÇÃO DO CASO DA MENINA STEFANNY**

Quem matou a menina Stefanny foi a madrasta da vítima, ela teria asfixiado a menina e logo após jogado a menina do sexto andar do prédio, pois estava com ciúme da proximidade dela com o pai, o que ela considerava uma aproximação dele com a ex-esposa.

Além disso, antes mesmo de ser jogada a menina já se encontrava morta, devido ela ter sido asfixiada pela madrasta. Em relação ao corte na testa da menina, segundo pai da menina, foi por conta que ela teria caído no parquinho do prédio. Outra prova importante foi que a madrasta forjou sinais de arrombamento para que a polícia pensasse que teria sido um caso de furto.

Conclui-se que a morte foi motivada por rancor e ciúme, no qual a madrasta nutria rancor contra a segunda esposa do marido e os filhos que ele teve nesse casamento”.

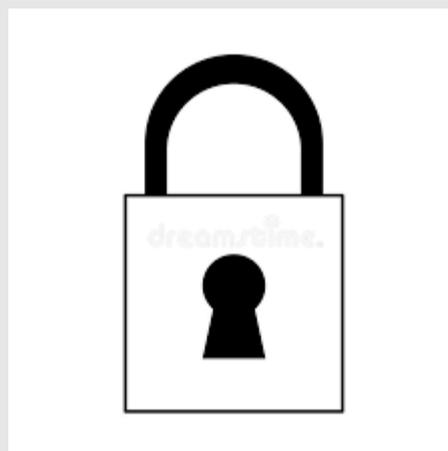
## ANEXO DO JOGO



1. O laudo médico mostra que a menina foi asfixiada dentro do apartamento onde seu pai morava;
2. A perícia mostrou que a porta do apartamento do pai de Stefanny Alcântara havia sinais de arrombamento;
3. A menina apresentava um corte na testa, o qual foi perfurado antes de cair do 6º andar.
4. A casa estava cheirando a alvejante.
5. Uma poça de sangue foi encontrada no apartamento do pai da vítima, esse sangue pode ser de Stefanny, pois a menina apresentava um corte na testa, uma amostra foi coletada pelos auxiliares da polícia para análise. Vá ao laboratório e faça a extração e análise do DNA.
6. O corte teria sido feito com um objeto pontiagudo.
7. Havia sangue também no assoalho (piso) do apartamento, mas nem todas as manchas eram visíveis a olho nu.
8. Uma toalha foi encontrada dentro de um balde com alvejante, vá ao laboratório e utilize o reagente Kastle-Meyer para ver se há indícios de sangue na toalha, ela já se encontra no laboratório.
9. O pai amava muito sua filha.
10. Quando interrogado pela polícia, o pai de Stefanny relatou que estava no banheiro tomando banho quando o delito aconteceu.
11. Um pé de cabra foi encontrado jogado na lixeira do prédio, dirija-se ao laboratório e utilize a técnica identificação de impressão digital, utilizando a técnica de vapor Iodo. Ao final do experimento compare a impressão digital com as dos suspeitos.
12. A madrasta nutria um sentimento de ciúmes da proximidade da menina com o pai, o que ela considerava uma aproximação dele com a ex-esposa.



**Figura 1:** Chave de acesso a uma dica que foi bloqueada pelo grupo adversário.



**Figura 2:** Cadeado utilizado para bloquear uma dica que o grupo ou participante do jogo achar necessário.

#### CARTILHA PARA ANOTAÇÕES DO JOGO

Componentes do grupo: \_\_\_\_\_

Dica 1- \_\_\_\_\_ Dica 7- \_\_\_\_\_

Dica 2- \_\_\_\_\_ Dica 8- \_\_\_\_\_

Dica 3- \_\_\_\_\_ Dica 9- \_\_\_\_\_

Dica 4- \_\_\_\_\_ Dica 10- \_\_\_\_\_

Dica 5- \_\_\_\_\_ Dica 11- \_\_\_\_\_

Dica 6- \_\_\_\_\_ Dica 12- \_\_\_\_\_

Soluções do caso:

1- Quem matou Stefanny?

\_\_\_\_\_

2- Qual o motivo?

\_\_\_\_\_

*“Os pequenos detalhes são sempre os mais importantes”*

**Figura 3:** Cartilha para anotações das informações adquiridas durante o jogo.



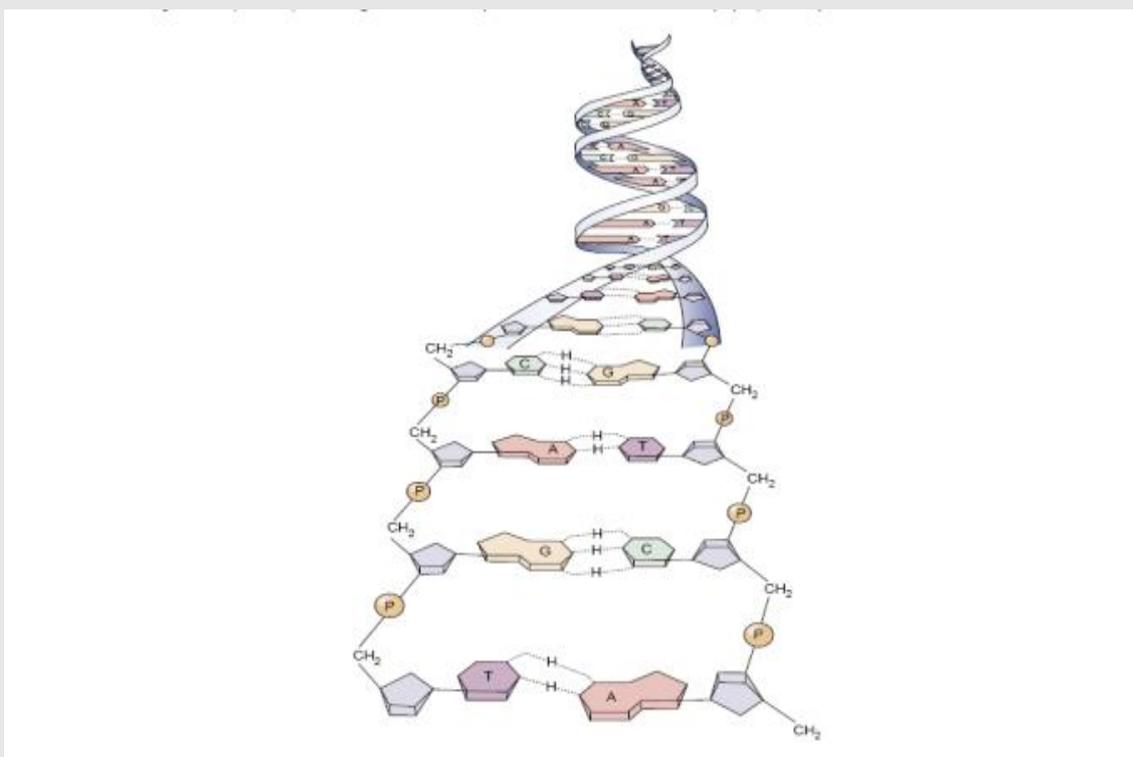
- **Conteúdos químicos para auxílio do professor na discussão do Experimento 1.**

A química trata das mais diversas questões, entre elas as relacionadas à vida como um todo, mas o ramo da química que aborda essas temáticas vitais é a bioquímica. Utilizando a bioquímica pode-se abordar algumas questões relacionadas ao DNA. Todos os organismos vivos armazenam as suas informações genéticas codificadas nos ácidos nucleicos (DNA, ácido desoxirribonucleico e RNA ácido ribonucleico). A molécula de DNA é conhecida como a molécula da hereditariedade, pois dentro dela estão contidas todas as informações genéticas das quais o novo indivíduo necessita para ser formado (PERUZZO, 2002;).

Na molécula de DNA existem duas longas fitas de nucleotídeos que se enrolam formando uma estrutura de dupla hélice. Essa molécula se autoduplica, sintetiza o RNA que é uma fita simples e atua na síntese de proteínas. Cada nucleotídeo é composto por um açúcar, uma base nitrogenada e um fosfato. O açúcar é uma pentose do tipo desoxirribose no DNA e ribose no RNA. As bases são de quatro tipos: A (adenina), C (citosina), T (timina), G (guanina) para o DNA. No RNA a base T(timina) é substituída pela base U (uracila). Para as duas fitas se ligarem e se enrolarem formando uma dupla hélice, as bases se conectam através de ligações formando Ligações de Hidrogênio entre as bases complementares (A e T, G e C no caso do DNA e no caso do RNA A e U). Quando ocorre a duplicação do DNA, uma enzima separa as duas fitas da dupla hélice, e a informação contida no DNA é transferida para uma molécula de RNA, essa molécula é muito semelhante ao DNA, porém é constituída de um único filamento e sua função é reproduzir a sequência de um dos filamentos do DNA, atuando como intermediário na

construção de uma proteína. Cada uma das hélices do DNA serve como molde para a construção do novo DNA (PERUZZO, 2002).

**Figura 4:** Estrutura dupla hélice do DNA



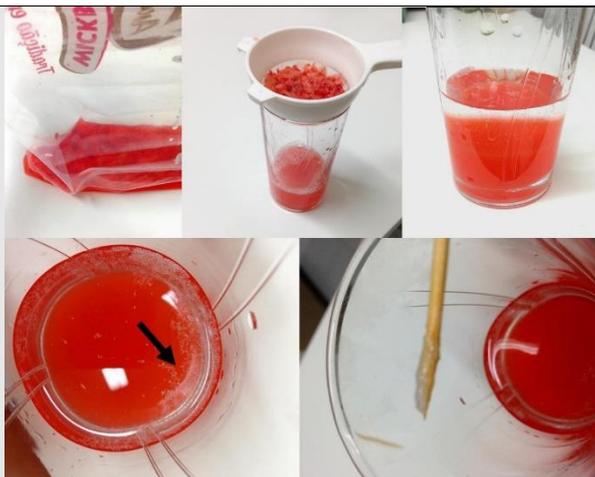
Fonte: Disponível em: < [http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2007mar\\_forense4.pdf](http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2007mar_forense4.pdf) >

Acesso em: 02.03.20 - 8:00 h.

O experimento sobre a técnica de extração de DNA (ácido desoxirribonucleico apresentado na Figura 4) utilizando o detergente como solução extratora (experimento II) foi escolhido para fazer parte do experimento do jogo QC por possibilitar a utilização de uma amostra fictícia de sangue, o suco de morango. Esse suco tem o objetivo de simular uma amostra de sangue da vítima que será extraída, tornando o jogo o mais próximo da realidade e conseqüentemente mais atrativo. É importante salientar que não será feito a análise de DNA, apenas a extração e uma simulação da análise, pois nos laboratórios em que serão executados os experimentos não se dispõem de equipamentos que fazem esse tipo de análise.

Esse experimento permite visualizar um emaranhado formado por milhares de moléculas de DNA (Simulação do DNA). Isso é possível, pois durante a execução da prática são adicionados ao suco de morango (suposta amostra de sangue) alguns agentes. O primeiro é o detergente, que é empregado para dissolver gorduras ou lipídios, pois como a membrana celular tem em sua composição química uma grande quantidade de lipídios, sobre a ação do detergente, estas se tornam solúveis e são extraídas junto com as proteínas que também fazem parte das membranas (BRUICE, 2010). Em seguida, o sal de cozinha ou NaCl (cloreto de sódio) é adicionado, este por sua vez fornece os íons que são necessários para a fase de precipitação do DNA. Por fim, adiciona-se o álcool que na presença dele e de concentrações relativamente altas de  $\text{Na}^+$  (fornecidas pelo sal de cozinha) o DNA é precipitado. Isso é observado devido ao fato de a proteína DNA ser insolúvel em álcool, ou seja, ela não se dissolve no álcool, tornando possível sua visualização (ROSA, SILVA, 2014).

Nesse experimento é possível explorar alguns conceitos químicos, como por exemplo, a Densidade, pois o sal quando adicionado aumenta a densidade do meio, facilitando a migração do DNA para o álcool (ROSA, SILVA, 2014). É possível, também, explorar o conteúdo de Ligações Iônicas, pois o sal contribui com seus íons correspondentes ( $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ), por ser um composto iônico. O conceito de solubilidade também pode ser abordado, pois a utilização do detergente afeta a permeabilidade das membranas, dissolvendo as gorduras ou lipídios, pois como a membrana celular tem em sua composição química uma grande quantidade de lipídios, sobre a ação do detergente, estas se tornam solúveis e são extraídas junto com as proteínas que também fazem parte das membranas e com o rompimento das membranas os conceitos celulares, incluído o DNA e as proteínas, são liberados dispersando na solução, o DNA não se dissolve no álcool. Como resultado, ele aparece à superfície da solução aquosa devido ser menos denso que a água, entretanto, é mais denso que o etanol, permanecendo, portanto, na interface dos dois líquidos (BRUICE, 2010). Na Figura 5, está apresentado o experimento de extração de DNA.



**Figura 5:** Experimento de extração de DNA do morango.  
Fonte: 1Autor desconhecido.

➤ **Conteúdos químicos para auxílio do professor na discussão do Experimento 2.**

O experimento de identificação de impressão digital utilizando a técnica de vapor de Iodo foi escolhido para fazer parte deste material por conta da sua facilidade execução e de possuir uma alta qualidade de revelação, pois apesar do Iodo ser sólido ele é capaz de sublimar, isto é, a passagem diretamente do estado sólido para o estado de vapor, isso acontece porque o iodo é uma substância simples e apolar o que proporciona para que suas interações intermoleculares não serem tão fortes. Assim, quando a pessoa toca com os dedos em alguma superfície ela deixa resíduos de gordura, suor, aminoácidos e proteínas. São esses resíduos que permitem obter, neste caso concreto, as impressões digitais, pois quando o iodo sublima ele interage também por adsorção com as moléculas de gordura deixadas na digital formando um produto acastanhado, permitindo a visualização clara da digital (Figura 6) (ROSA, SILVA, 2014).



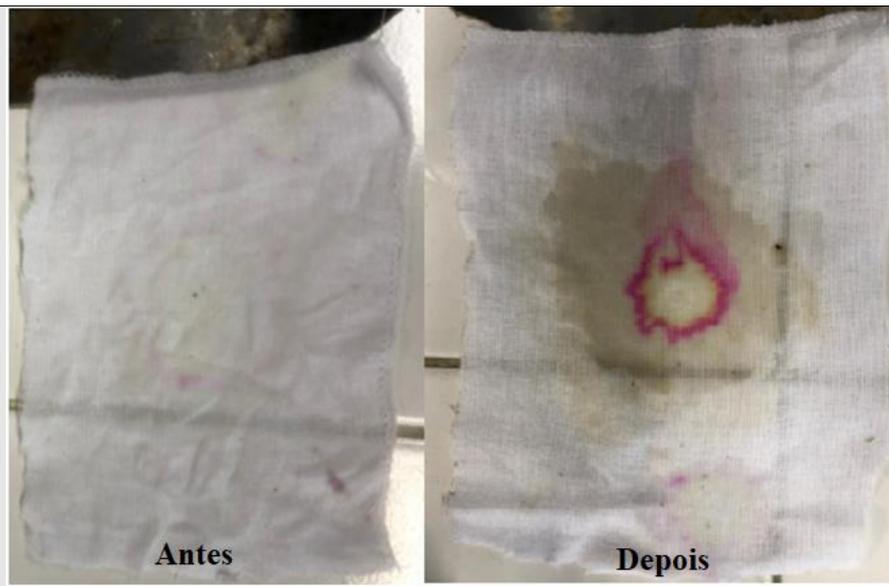
**Figura 6:** Impressão digital revelada com iodo.

Fonte: Aatoria, 2021.

Diante disso, com esta prática experimental é possível inserir o conteúdo de forças intermoleculares, no qual essas forças estão diretamente relacionadas às propriedades como ponto de fusão, ponto de ebulição e a energia necessária para converter um sólido em um líquido ou um líquido em vapor, como também na aderência do Iodo as moléculas de gordura da impressão digital.

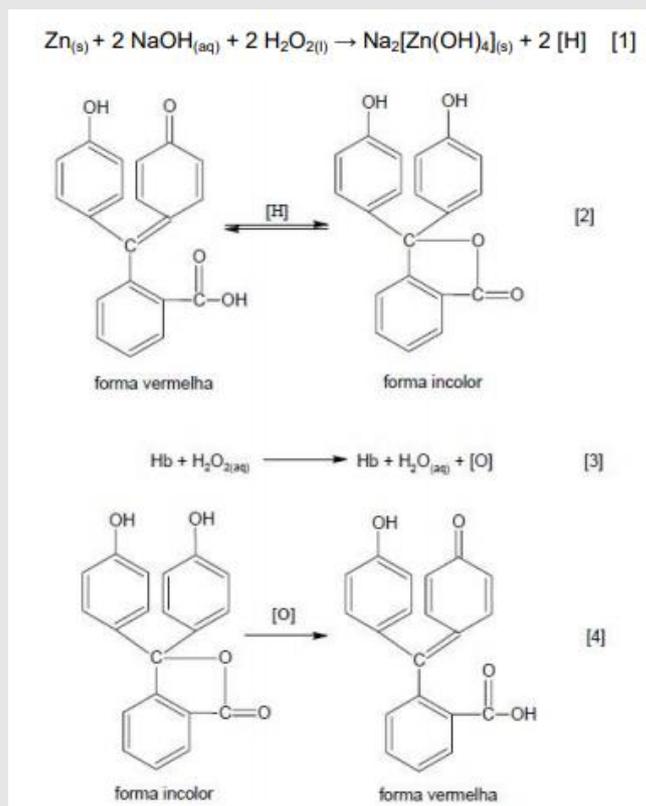
➤ **Conteúdos químicos para auxílio do professor na discussão do Experimento 3.**

O experimento III se trata do teste de identificação de sangue com a utilização do reagente Kastle-Meyer. Este experimento foi escolhido devido a necessidade de utilizar no jogo um experimento de detecção de sangue. Além, de ser um experimento muito interessante, de fácil execução e boa qualidade de detecção. Essa técnica consiste em um teste presuntivo de averiguar vestígios de sangue nas cenas de crimes. Esse teste utiliza o reagente de Kastle-Meyer, que é composto por água destilada, fenolftaleína, hidróxido de sódio e pó de zinco. No experimento, uma suposta toalha é encontrada dentro de um balde com alvejante, segundo a história fictícia e essa é mergulhada no reagente e em seguida adicionam-se algumas gotas de  $H_2O_2$  a 5%. Se a amostra adquirir um tom rosado, com o tempo de aproximadamente 15 min, significa que o teste forneceu resultado positivo para presença de sangue (ROSA, SILVA, 2014). Na Figura 7 podemos observar o resultado do experimento de detecção de sangue utilizando o reagente Kastle-Meyer.



**Figura 7:** Experimento de detecção de sangue utilizando o Reagente Kastle-Meyer.  
Fonte: Autoria, 2021.

Através do Experimento supracitado, pode-se explorar alguns conteúdos químicos, como por exemplo, Reações de Oxirredução, pois ao adicionar o zinco metálico em pó na solução básica (solução inicial preparada a partir da adição de se hidróxido de sódio em água destilada e um indicador ácido-base, a fenolftaleína.) e logo em seguida, essa solução ser submetida a aquecimento em fogo brando é possível observar o desaparecimento da cor vermelha, dando lugar a uma solução incolor. Essa solução torna-se transparente devido ao Hidrogênio que é dotado de propriedades redutoras, reduzir o indicador (Equação 1). Ao adicionar o Peróxido de Hidrogênio, a atividade catalítica das moléculas da hemoglobina (Hb) entram em ação e decompõem o Peróxido de Hidrogênio em água e Oxigênio (Equação 2). Então, este oxigênio reage com a fenolftaleína, convertendo-a em sua forma oxidada, que apresenta a coloração rósea inicial, como mostrado no esquema da reação abaixo, Figura 8 (ROSA, SILVA, 2014).



**Figura 8:** Reações envolvidas durante a preparação do Reagente Kastle-Meyer.

**Fonte:** OLIVEIRA, R. et al, 2016.

Causas de erro no método de detecção de sangue utilizando o reagente Kastle-Meyer, incluem a presença de sais de Ferro, Cobre, suco gástrico ou qualquer outra substância capaz de decompor a molécula de  $\text{H}_2\text{O}_2$  em água e Oxigênio. A sensibilidade deste reagente é de 1/1.000.000. A seguir temos os conceitos químicos abordados relacionados ao experimento de detecção de sangue utilizando o reagente Kastle-Meyer (ROSA, SILVA, 2014).

## **ANEXO**

### **TERMO DE CONSENTIMENTO**

#### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

#### **ESTUDO: PRODUÇÃO DE UM JOGO SOBRE QUÍMICA FORENSE COMO UMA PROPOSTA DE MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO DE QUÍMICA NO ENSINO SUPERIOR**

O estudo da produção de um jogo sobre Química Forense como uma proposta de material didático para o ensino de química no Ensino Superior tem por objetivo elaborar e validar por professores um jogo, como um material didático que pode ser utilizado pelos docentes como uma possibilidade de melhorar a aprendizagem dos alunos do Ensino Superior acerca dos conteúdos químicos (Oxidação e Redução, Forças Intermoleculares, Ligação Iônica, Densidade e Solubilidade), por meio da temática da Química Forense (QF).

Desse modo, você está sendo convidado (a) a participar da coleta de dados do projeto de pesquisa acima citado. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós, mas se desistir a qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo a você. Trata-se de uma pesquisa vinculada ao Departamento do Curso de Licenciatura em Química do Campus Professor Alberto Carvalho em Itabaiana/SE (DQCI).

A pesquisa trata-se da elaboração de um material de cunho didático sobre a forma de um jogo com a temática que envolve uma relação entre as Ciência Forense e a Química como uma estratégia para diminuir desmotivação dos alunos. Além de aproximar o ensino de Química e a Química Forense e ajudar na compreensão dos conceitos químicos abordados neste material.

Para isso, é necessário realizar uma validação do material a fim de encontrarmos possíveis falhas e necessidades de reformulações antes de aplicarmos o material seja em sala de aula ou em ambientes não formais. Contamos assim, com sua colaboração.

Eu, ( \_\_\_\_\_ ), portador da Cédula de identidade, RG \_\_\_\_\_, e inscrito no CPF/MF \_\_\_\_\_ nascido(a) em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_, abaixo assinado(a), concordo de livre e espontânea vontade em participar como voluntário(a) do estudo (Produção de um jogo sobre Química Forense como uma proposta de material didático para o ensino de química no Ensino Superior).

Declaro que obtive todas as informações necessárias, bem como todos os eventuais esclarecimentos quanto às dúvidas por mim apresentadas. Estou ciente que:

- I) Tenho a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação;
- II) A desistência não causará nenhum prejuízo à minha saúde ou bem estar físico.
- III) Os resultados obtidos durante este ensaio serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus dados pessoais não sejam mencionados;
- IV) Caso eu desejar, poderei pessoalmente tomar conhecimento dos resultados, ao final desta pesquisa

Desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

Não desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

Colaborador \_\_\_\_\_

Nome / RG / Telefone

Responsável pelo Projeto: Luiz Felipe Silveira Andrade

Telefone/e-mail para contato: Luiz21045@outlook.com

Itabaiana (SE), \_\_\_ de setembro 2020