

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**ALISSON BARROS Y SILVA**

**QUÍMICA FORENSE: EXPERIMENTAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO NO  
ENSINO DE QUÍMICA**

**Bagé  
2023**

**ALISSON BARROS Y SILVA**

**QUÍMICA FORENSE: EXPERIMENTAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO NO  
ENSINO DE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Química Licenciatura da  
Universidade Federal do Pampa, como  
requisito parcial para obtenção do Título de  
Licenciado em Química.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Elisabete de Avila da  
Silva

**Bagé  
2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

S586q Silva, Alisson Barros y

Química forense: experimentação e contextualização no ensino de química / Alisson Barros y Silva.

90 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, QUÍMICA, 2023.

"Orientação: Elisabete de Ávila da Silva".

1. Química Forense. 2. Experimentação Química. 3. Aprendizagem Significativa. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal do Pampa

**ALISSON BARROS Y SILVA**

**QUÍMICA FORENSE: EXPERIMENTAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO NO  
ENSINO DE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Química Licenciatura da  
Universidade Federal do Pampa, como  
requisito parcial para obtenção do Título de  
Licenciado em Química.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 12 de dezembro de 2023

Banca examinadora:

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Elisabete de Avila da Silva

Orientadora

UNIPAMPA

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Débora Simone Figueredo Gay  
UNIPAMPA

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Graciela Maldaner  
URCAMP



Assinado eletronicamente por **ELISABETE DE AVILA DA SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/12/2023, às 10:08, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **GRACIELA MALDANER, Usuário Externo**, em 18/12/2023, às 10:46, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **DEBORA SIMONE FIGUEREDO GAY, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/12/2023, às 16:41, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1332847** e o código CRC **B97F9EFE**.

Referência: Processo nº 23100.024875/2023-79 SEI nº 1332847

Dedico este trabalho a todos que de alguma  
forma contribuíram para minha formação  
profissional e pessoal!

## **AGRADECIMENTO**

Primeiramente agradeço ao meu pai, minha mãe e meu irmão, que sempre me incentivaram a estudar e que trilharam o caminho certo para que as portas se abrissem no meu próprio caminho. Tenho certeza que meu pai estaria orgulhoso ao me ver concluindo esta etapa.

Agradeço à minha companheira Priscila Vieira, a qual a presença foi fundamental para me inspirar, me motivar a superar os inúmeros obstáculos nessa reta final da graduação, e me manter focado em meu objetivo de vida.

À minha orientadora, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Elisabete de Avila, que abraçou minha proposta para este trabalho, e colaborou com as contribuições mais adequadas para o refinamento deste e para minha atuação. Para mim, sempre foi um exemplo de profissionalismo!

Agradeço aos demais professores do curso de Química, que colaboraram na nossa formação. Em especial à Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Márcia von Firme, que sempre lembra e demonstra preocupação com seus alunos, e que sempre oportuniza discussões e reflexões que moldam um ser humano de verdade.

À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Débora Figueredo e à Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Graciela Maldaner, por aceitarem fazer parte da banca avaliadora e por contribuírem no desenvolvimento da pesquisa, aquela disponibilizando suas aulas para aplicação da pesquisa, e esta colaborando nos testes laboratoriais para a otimização da cromatografia em camada delgada.

À todos os colegas da Unipampa, em especial ao Jefferson, à Natanna e ao Romuel, que além de colegas, são amigos que levo para fora da graduação. Que um dia possamos nos reunir, recordar e trocar novas experiências.

Obrigado!

“Queremos buscar a verdade, não importa onde ela nos leve. Mas para encontrá-la, precisamos tanto de imaginação quanto de ceticismo. Não teremos medo de fazer especulações, mas teremos o cuidado de distinguir a especulação do fato”.

Carl Sagan

## RESUMO

O emprego da experimentação e a contextualização de conteúdos utilizando temas sociais relevantes têm sido defendidas por pesquisas no ensino de química, a fim de romper com o método tradicional de ensino e superar barreiras de aprendizagem, como o desinteresse dos alunos e a falta de conexão do conteúdo com a realidade. Nesse sentido, a Aprendizagem Significativa e a Aprendizagem Baseada em Problemas são metodologias ativas levantadas por professores-pesquisadores para esses fins. A contextualização do tema Química Forense se apresenta como uma ótima alternativa para o ensino de química, pois possui relevância social, principalmente a análise de amostras na área criminal. Muitas das técnicas utilizadas para analisar vestígios de um crime podem ser reproduzidas em sala de aula e em laboratório. Por isso, este trabalho de conclusão de curso busca contextualizar o tema Química Forense por meio dos conteúdos de polaridade e forças intermoleculares, assim como avaliar a aprendizagem significativa desses conteúdos por meio da experimentação. Foi realizado um estudo de caso em dois componentes curriculares do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal do Pampa campus Bagé. A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi realizada em três etapas: a etapa diagnóstica se deu pela entrega de um questionário, na etapa experimental foi realizada a cromatografia em camada delgada, na qual realizou-se a análise da cafeína em medicamentos, assim como as técnicas de revelação de impressões digitais com pó de carvão e com vapor de iodo. Por fim, a etapa avaliativa se deu pela aplicação de uma situação-problema, um crime real, sobre o qual foram promovidas discussões sobre a resolução. Durante o desenvolvimento das atividades foram observados o caráter investigativo, habilidades de argumentação, de tomada de decisão e de resolução de problemas, e principalmente, a participação ativa dos alunos, com base no levantamento de hipóteses dos alunos. A análise dos resultados indicou que houve a articulação entre a experimentação e a contextualização por meio da resolução pelos discentes da situação problema apresentada. A aplicação de diferentes metodologias ativas pode favorecer não só a aprendizagem de conteúdos interdisciplinares, mas também promover a motivação dos alunos para a aprendizagem.

Palavras-Chave: Química Forense. Experimentação Química. Aprendizagem Significativa.

## ABSTRACT

The use of experimentation and the contextualization of content using relevant social themes have been advocated by research in chemistry teaching, in order to break with the traditional teaching method and overcome learning barriers, such as student disinterest and lack of connection from the content with reality. In this sense, Meaningful Learning and Problem-Based Learning are active methodologies raised by teacher-researchers for these purposes. The contextualization of the Forensic Chemistry theme presents itself as a great alternative for teaching chemistry, as it has social relevance, especially the analysis of samples in the criminal area. Many of the techniques used to analyze traces of a crime can be reproduced in the classroom and laboratory. Therefore, this course completion work seeks to contextualize the topic of Forensic Chemistry through the contents of polarity and intermolecular forces, as well as evaluating the significant learning of these contents through experimentation. A case study was carried out on two curricular components of the Chemistry Degree course at the Federal University of Pampa, Bagé campus. The methodology used to develop this work was carried out in three stages: the diagnostic stage was carried out by handing out a questionnaire, in the experimental stage thin layer chromatography was carried out, in which the analysis of caffeine in medicines was carried out, as well as techniques for developing fingerprints with charcoal powder and iodine vapor. Finally, the evaluation stage took place through the application of a problem situation, a real crime, about which discussions about the resolution were promoted. During the development of the activities, the investigative nature, argumentation, decision-making and problem-solving skills were observed, and mainly, the active participation of students, based on the students' hypothesis survey. The analysis of the results indicated that there was a link between experimentation and contextualization through the students' resolution of the problem situation presented. The application of different active methodologies can not only favor the learning of interdisciplinary content, but also promote students' motivation to learn.

Key Words: Forensic Chemistry. Chemical Experiment. Meaningful Learning.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 — Esquema da CCD                                    | 25 |
| Figura 2 — Relação entre polaridade na CCD                   | 25 |
| Figura 3 — Esquema de cromatograma por CCD                   | 27 |
| Figura 4 — Tipos fundamentais de impressões digitais         | 30 |
| Figura 5 — Pontos característicos das impressões digitais    | 30 |
| Figura 6 — Notícia 1 da situação-problema                    | 39 |
| Figura 7 — Notícia 2 da situação-problema                    | 40 |
| Figura 8 — Notícia 3 da situação-problema                    | 40 |
| Figura 9 — Gráfico da questão 1 do questionário diagnóstico  | 42 |
| Figura 10 — Gráfico da questão 2 do questionário diagnóstico | 43 |
| Figura 11 — Gráfico da questão 3 do questionário diagnóstico | 44 |
| Figura 12 — Gráfico da questão 4 do questionário diagnóstico | 45 |
| Figura 13 — Gráfico da questão 5 do questionário diagnóstico | 46 |
| Figura 14 — Gráfico da questão 6 do questionário diagnóstico | 46 |
| Figura 15 — Gráfico da questão 7 do questionário diagnóstico | 47 |
| Figura 16 — Cromatogramas obtidos na turma de QOExp.         | 49 |
| Figura 17 — Impressões digitais reveladas com iodo           | 51 |
| Figura 18 — Impressões digitais reveladas com pó de carvão   | 52 |

## **LISTA DE TABELAS**

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 — Categorias de técnicas analíticas                  | 24 |
| Tabela 2 — Pós utilizados na revelação de impressões digitais | 32 |

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 — Divisão de encontros e atividades realizadas

36

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

cap. – capítulo

f. – folha

n. – número

p. – página

Rev. – revelação

v. – volume

## **LISTA DE SIGLAS**

ABP - Aprendizagem Baseada em Problemas

CCD - Cromatografia em Camada Delgada

CG - Cromatografia Gasosa

CL - Cromatografia Líquida

CSI - Crime Scene Investigation

DI - Dipolo Induzido

DNA - Deoxyribonucleic acid (Ácido desoxirribonucleico)

DP - Dipolo Permanente

H - Hidrogênio

IML - Instituto Médico Legal

INI - Instituto Nacional de Identificação

IPL - Impressão Papilar Latente

O - Oxigênio

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

## SUMÁRIO

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                                         | <b>17</b> |
| <b>2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA.....</b>                           | <b>19</b> |
| 2.1 Abordagem do conteúdo Polaridade em livros de ensino médio.....              | 19        |
| 2.2 Abordagem do conteúdo forças intermoleculares em livros de ensino médio..... | 19        |
| 2.2.1 Dipolo induzido.....                                                       | 20        |
| 2.2.2 Dipolo permanente.....                                                     | 20        |
| 2.2.3 Ligações de hidrogênio.....                                                | 21        |
| 2.3 Experimentação no ensino de química.....                                     | 21        |
| 2.4 Contextualização no ensino de química.....                                   | 22        |
| 2.5 Química Forense.....                                                         | 23        |
| 2.6 Cromatografia em camada delgada (CCD).....                                   | 24        |
| 2.7 Papiloscopia Forense.....                                                    | 28        |
| 2.7.1 Técnica do pó.....                                                         | 31        |
| 2.7.2 Técnica do iodo.....                                                       | 32        |
| 2.8 Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP).....                                 | 32        |
| 2.9 Aprendizagem Significativa.....                                              | 34        |
| <b>3 METODOLOGIA.....</b>                                                        | <b>35</b> |
| 3.1 Etapa diagnóstica.....                                                       | 36        |
| 3.2 Etapa prática.....                                                           | 37        |
| 3.2.1 Cromatografia em Camada Delgada: Análise de cafeína em medicamentos.....   | 37        |
| 3.2.2 Revelação de impressões digitais.....                                      | 38        |
| 3.3 Etapa avaliativa.....                                                        | 39        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>                                            | <b>42</b> |
| 4.1 Questionário diagnóstico.....                                                | 42        |
| 4.2 Cromatografia em Camada Delgada: Análise de cafeína em medicamentos.....     | 48        |
| 4.3 Revelação de impressões digitais com iodo.....                               | 49        |
| 4.4 Revelação de impressões digitais com pó.....                                 | 51        |
| 4.5 Avaliação de aprendizagem: A situação-problema.....                          | 52        |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                               | <b>60</b> |
| <b>6 REFERÊNCIAS.....</b>                                                        | <b>61</b> |
| <b>APÊNDICES.....</b>                                                            | <b>66</b> |
| APÊNDICE A — Questionário diagnóstico.....                                       | 66        |
| APÊNDICE B — Roteiro CCD.....                                                    | 69        |
| APÊNDICE C — Plano de aula CCD.....                                              | 71        |
| APÊNDICE D — Plano de aula Papiloscopia Forense + Técnica do iodo.....           | 77        |
| APÊNDICE E — Plano de aula Situação-problema + Técnica do vapor de iodo.....     | 83        |
| APÊNDICE F — Plano de aula Situação-problema + Técnica do pó.....                | 86        |
| APÊNDICE G — Avaliação de aprendizagem: Situação-Problema.....                   | 89        |

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de ensino e aprendizagem de Química por muito tempo foi realizado pelo método tradicional, o qual se baseia na repetição e memorização de conceitos, na participação passiva do aluno, e sem nenhuma aproximação do conteúdo com a realidade deste, resultando na desmotivação, no desinteresse, na desassimilação do conteúdo com a realidade e na precariedade da aprendizagem. A fim de romper com o método tradicional e diminuir barreiras como a complexidade e a abstração de conceitos, pesquisas no ensino de Química tem levantado novas metodologias ativas defendidas por professores de ciências, como a Aprendizagem Significativa, na qual o professor utiliza os conhecimentos prévios dos alunos para integrar novos conhecimentos em sua estrutura cognitiva, e a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), na qual é apresentada uma situação-problema aos alunos, e estes devem buscar autonomamente soluções, discutir em pequenos grupos, sob a mediação do professor, construindo o conhecimento em torno do problema apresentado.

A partir dessas metodologias, é possível relacionar o conteúdo programático com algum tema social relevante, que atinja o interesse do aluno, favorecendo não só a aprendizagem do conteúdo abordado, mas também a motivação, o interesse, a autonomia, a cidadania, o desenvolvimento do pensamento crítico, a capacidade dos alunos de tomar decisões e de resolver problemas. A aplicação de um experimento em sala de aula ou laboratório, seja ele roteirizado ou demonstrativo, quando bem mediada pelo professor, favorece a percepção do aluno com relação aos níveis representacionais microscópico, macroscópico e simbólico-matemático, além de despertar a curiosidade e o caráter investigativo deles.

As ciências forenses são um conjunto interdisciplinar que utiliza conhecimentos de diversas áreas, como da Química, Física, Biologia, Engenharia, Computação, Psicologia, Medicina, Direito, entre outras, para fins de interesse jurídico. Nesse sentido, a Química Forense é o ramo das ciências forenses que utiliza conhecimentos de Química a fim de fornecer provas para importantes decisões judiciais. São diversas as técnicas empregadas por peritos criminais para coletar e analisar evidências nas mais variadas investigações. A cromatografia em camada delgada (CCD) é uma técnica de identificação, separação e purificação de substâncias, utilizada pela perícia criminal em testes de triagem na análise de drogas de abuso, de agentes tóxicos em materiais biológicos, e na análise de tintas em

documentos, por exemplo. A técnica do pó e a técnica do vapor de iodo são muito utilizadas por papiloscopistas na revelação de impressões digitais latentes, ou impressões papilares latentes (IPL), em evidências coletadas em locais de crime. Ambas as técnicas mencionadas são simples, de baixo custo e passíveis de serem reproduzidas por professores de Química em sala de aula, na abordagem do conteúdo de polaridade e forças intermoleculares. Assim, a química forense é uma ótima alternativa para tema contextualizador, visto que experimentos empregados em investigações criminais são retratados em filmes e séries do interesse dos alunos, e podem ser empregados também em sala de aula.

A proposta de utilizar química forense como tema contextualizador se dá pela ampla gama de experimentos dessa área, sendo que muitos podem ser reproduzidos no ensino de Química em sala de aula. A aplicação e análise desses experimentos podem estimular a aprendizagem significativa de conteúdos de química, pois são análises utilizadas pelos peritos criminais para a coleta de provas e resolução de crimes, tendo relevante implicação social. Por isso, esse trabalho se justifica pela necessidade de pesquisar de que forma a experimentação e a contextualização no ensino de ciências podem ser significativas na aprendizagem e na construção do conhecimento dos discentes.

Então, propõe-se neste trabalho de conclusão de curso, como objetivo geral, avaliar a aprendizagem significativa dos conteúdos de polaridade e forças intermoleculares pela experimentação e contextualização do tema Química Forense. E, para isso, serão propostos os seguintes objetivos específicos:

- Elaborar um questionário diagnóstico para avaliar o conhecimento dos alunos sobre polaridade e forças intermoleculares;
- Realizar experimentos de cromatografia em camada delgada e revelação de impressões digitais, e identificar a aprendizagem significativa dos conteúdos de polaridade e forças intermoleculares;
- Analisar e identificar as contribuições das aulas desenvolvidas para a aprendizagem significativa dos discentes utilizando a aplicação de uma situação-problema;
- Analisar como a Química Forense pode ser um tema facilitador na aprendizagem de Química, a partir da observação da participação ativa dos alunos.

## **2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Abordagem do conteúdo Polaridade em livros de ensino médio**

Duas características podem definir a polaridade de uma molécula: a diferença de eletronegatividade entre os átomos desta, e a sua geometria. Se não houver diferença de eletronegatividade entre os átomos, a molécula provavelmente será apolar. Se houver diferença de eletronegatividade entre os átomos, a molécula pode ser polar ou apolar, a depender da geometria. Fonseca (2013, p. 273) traz como exemplo a molécula de  $\text{CO}_2$ , que tem geometria linear e é apolar, e de  $\text{H}_2\text{O}$ , que tem geometria angular e é polar.

Para determinar se uma molécula é polar ou apolar, é preciso saber como estão distribuídos os polos nas ligações químicas e como as ligações químicas estão distribuídas na molécula. As forças que atuam nas moléculas ocorrem devido aos dipolos, que derivam da distribuição de cargas elétricas resultantes da geometria espacial das moléculas (Santos; Mol, 2016, p. 238).

Lisboa e colaboradores (2016, p. 140) afirmam que o dipolo elétrico de uma ligação polar é representado por "um vetor que aponta para a extremidade da ligação que concentra mais elétrons, o polo negativo". Segundo esses autores, a intensidade de um dipolo elétrico é chamada "momento dipolar". O momento dipolar de uma molécula resulta da soma vetorial dos momentos dipolares de todas as ligações dos átomos envolvidos.

### **2.2 Abordagem do conteúdo forças intermoleculares em livros de ensino médio**

As forças intermoleculares são forças de coesão que mantêm as moléculas nos estados sólido e líquido unidas, e são muito menos intensas que as ligações químicas, que ocorrem entre átomos. Essas forças, que ocorrem entre moléculas, são responsáveis por propriedades físicas da matéria, como o ponto de fusão, ponto de ebulição e solubilidade de determinada substância em um determinado solvente.

### 2.2.1 Dipolo induzido

São forças de fraca intensidade que ocorrem em moléculas apolares quando se aproximam de outras moléculas. Quando há aproximação entre moléculas, seus elétrons de valência sofrem influência dos núcleos dos átomos das moléculas vizinhas, e se acumulam em uma região da molécula, induzindo a formação de um dipolo parcialmente negativo e um dipolo parcialmente positivo. A existência desses dipolos, induzidos pela aproximação de outras moléculas, promove a atração entre elas (Fonseca, 2013, p. 245; Santos; Mól, 2016, p. 264).

Quando duas moléculas apolares se aproximam, as atrações ou repulsões eletrônicas entre seus elétrons e núcleos podem levar a deformações momentâneas em suas nuvens de elétrons. Essas deformações geram nas moléculas regiões com diferentes distribuições de cargas, chamadas dipolos instantâneos induzidos (Lisboa, 2016, p. 152).

Algumas moléculas sofrem sublimação devido à baixa energia necessária para romper essas forças de fraca intensidade, como no iodo e no gás carbônico sólido (gelo seco) (Fonseca, 2013, p. 245).

### 2.2.2 Dipolo permanente

São forças de intensidade média e ocorrem em moléculas polares. A distribuição assimétrica de elétrons é responsável pela geração de dipolos elétricos permanentes (momento dipolar diferente de zero) (Lisboa, 2016, p. 150). O átomo parcialmente negativo de uma molécula é atraído pelo átomo parcialmente positivo da outra. A energia necessária para separar as moléculas ligadas por dipolo permanente é maior que as ligadas por dipolo induzido. Isso faz com que substâncias cujas moléculas são unidas por forças de dipolo permanente tenham maiores pontos de fusão e de ebulição (comparado a substâncias de valores aproximados de massa molar) (Fonseca, 2013, p. 246).

Pode haver também a interação de moléculas de dipolo permanente com moléculas de dipolo induzido. Dependendo da intensidade dessas interações, é possível até que uma substância polar possa dissolver uma apolar (Santos; Mól, 2016, p. 264). Por exemplo, a presença de oxigênio ( $O_2$ ) dissolvido na água. Quando o dipolo negativo da molécula de água (polar) se aproxima do  $O_2$  (apolar), a nuvem eletrônica da molécula apolar se afasta devido à

repulsão entre ela e a carga negativa do dipolo da água, assim, as moléculas de O<sub>2</sub> tornam-se momentaneamente polarizadas e interagem com as de H<sub>2</sub>O, atraindo-se mutuamente (Lisboa, 2016, p. 152).

### 2.2.3 Ligações de hidrogênio

São forças de intensidade alta, e ocorrem em moléculas com um átomo de hidrogênio ligado a um átomo de flúor, de oxigênio ou de nitrogênio (elementos muito eletronegativos). Ocorre devido à atração entre o hidrogênio (polo positivo) de uma molécula e o flúor, oxigênio ou nitrogênio (polo negativo) de outra. Devido a alta intensidade dessa atração, a energia necessária para separar as moléculas envolvidas é bem alta, por isso seus pontos de fusão e de ebulição são proporcionalmente altos (Fonseca, 2013, p. 246). A alta solubilidade do álcool em água é explicada, além de outros fatores, pelas ligações de hidrogênio entre as moléculas de ambas as substâncias (Lisboa, 2016, p. 151).

## 2.3 Experimentação no ensino de química

O experimento didático no ensino de ciências deve promover o caráter investigativo, favorecendo a compreensão das relações conceituais da disciplina, permitindo que os alunos aprendam com os seus erros, assim como com seus acertos (Machado; Mol, 2008, *apud* Cruz *et al.*, 2016). A utilização da experimentação no ensino deve ser bem elaborada e planejada, correlacionando os conceitos ministrados nas aulas teóricas com o experimento aplicado, proporcionando aos alunos oportunidades de confirmar ou reestruturar suas ideias (Salesse, 2012; Silva *et al.*, 2020, *apud* Trindade, 2021).

Tendo o professor como mediador do conhecimento, a experimentação deve proporcionar aos alunos momentos de investigação, participação e contato direto com o objeto de estudo, nesse cenário, o aluno é protagonista do próprio aprendizado (Freire, 2002, *apud* Guerreiro; Sampaio, 2019). Como mediador do conhecimento científico, o professor tem o dever de auxiliar os alunos em suas autodescobertas e ajudá-los a avaliar criticamente informações coletadas (Cordeiro *et al.*, 2022).

## 2.4 Contextualização no ensino de química

Pesquisas em Ensino de Química tem indicado muitas alterações metodológicas e de recursos de ensino, como o uso da contextualização do conhecimento químico, a fim de que a aprendizagem seja a mais significativa possível (Brito *et al.*, 2010). A partir desta contextualização é possível inserir dados e informações químicas necessárias à construção e resolução de determinados problemas propostos aos alunos (Brito *et al.*, 2010). Cordeiro e colaboradores (2022), relatam que a motivação e o interesse dos alunos em aprender ciências naturais podem ser ampliados pela interdisciplinaridade e pela contextualização. Cruz e colaboradores (2016) também destacam a interdisciplinaridade e contextualização da ciência forense, como elementos motivadores da participação dos alunos.

A experimentação e contextualização podem despertar significativamente o interesse e a curiosidade, bem como o desenvolvimento da criatividade e da imaginação, quando os alunos elaboram hipóteses e modelos explicativos (Sebastiany *et al.*, 2013). A experimentação e a contextualização têm sido amplamente utilizadas na área de ensino de ciências, a fim de melhorar o ensino nessa área (Corcoran; Rood; Trogden, 2011; Da Silva *et al.*, 2020; Gomes *et al.*, 2019; Hardy *et al.*, 2021; Kulevich; Herrick; Mills, 2014; Monfette; Blacquiere; Fogg, 2011; Quive *et al.*, 2021, *apud* Cordeiro *et al.*, 2022).

Existem temas de importância social, como violência, saúde e preconceito, que, conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), segundo Souza (2017), devem ser abordados em sala de aula, porém não são contemplados nas aulas de ciências da natureza. É importante que a base curricular comum de química possa abranger os conhecimentos específicos, como propriedades, transformações e constituição, em articulação com esses temas sociais, permitindo que o aluno desenvolva atitudes e valores com responsabilidade.

É essencial a ligação da contextualização com a realidade do aluno, algo que o motive, estimule o pensamento, que construa conhecimentos e que oriente na tomada de decisão e intervenção. No entanto, somente a contextualização não basta para despertar o interesse do aluno pela disciplina de química. Se o objeto de estudo e/ou o aprendiz não manifestar uma disposição para relacionar, de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, mesmo que seja potencialmente significativo, não há condições para uma aprendizagem considerada significativa (Moreira, 2006, p. 20, *apud* Souza, 2017).

## 2.5 Química Forense

A Química Forense (QF), como área da perícia criminal, se encarrega da análise, classificação e identificação dos elementos ou substâncias encontradas nos locais de ocorrências de um delito ou que podem estar relacionadas a este (Oliveira, 2006, *apud* Souza, 2017). Sobre a Química Forense, Farias afirma em seu livro *Introdução à Química 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. Uma vez que as atividades em QF constituem-se, no mais das vezes, na realização de análises, entendem alguns autores, entre estes Suzanne Bell (Bell, 2006) que a química forense é, ou pode ser definida como, química analítica [...] De uma forma mais completa e apropriada, podemos definir química forense como a aplicação dos conhecimentos da ciência química à atividade forense, com especial ênfase na interdisciplinaridade (Farias, 2008, p. 15-16).

Como e quando investigações criminais passaram a se embasar em conhecimentos científicos é bastante controverso. Alguns autores acreditam que os primeiros registros têm origem na Roma antiga, com a principal atuação no diagnóstico de mortes por envenenamento de pessoas de influência política naquela sociedade (Oliveira; Soares, 2020, p. 19; Farias, 2008, p. 17). Numa visão mais moderna, acredita-se que o primeiro registro oficial do uso de prática forense ocorreu no século VII na China, onde Tie Chieh utilizou provas forenses para resolver diversos crimes da época. Mas a partir do século XIX tudo começou a mudar, com vários métodos (Macedo, 2009, *apud* Oliveira; Ferrarezi, 2021).

Com os avanços tecnológicos do século XX, muitos crimes foram resolvidos nas décadas de 70, 80 e 90 graças aos novos métodos analíticos, como análise de impressões digitais, de amostras biológicas como sangue e cabelo, testes balísticos e toxicológicos e com chegada do exame de DNA em 1990 (Oliveira; Ferrarezi, 2021). Na análise de drogas, por exemplo, são necessários testes de triagem compostos por exames preliminares e exames confirmatórios. Os primeiros são simples, rápidos, fundamentados em reações de cor e turbidez, e norteiam os exames definitivos. Estes últimos são constituídos por um padrão de técnicas instrumentais, subdivididas nas categorias A, B e C, apresentadas na Tabela 1, extraída da obra de Camargos (2018).

**Tabela 1** — Categorias de técnicas analíticas

| <b>Categoria A</b>           | <b>Categoria B</b>              | <b>Categoria C</b>              |
|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Espectrometria de massas     | Eletroforese capilar            | Testes de cor                   |
| Espectroscopia infravermelho | Cromatografia gasosa            | Espectroscopia de fluorescência |
|                              | Cromatografia líquida           | Espectroscopia ultravioleta     |
|                              | Cromatografia em camada delgada |                                 |

Fonte: Camargos (2018)

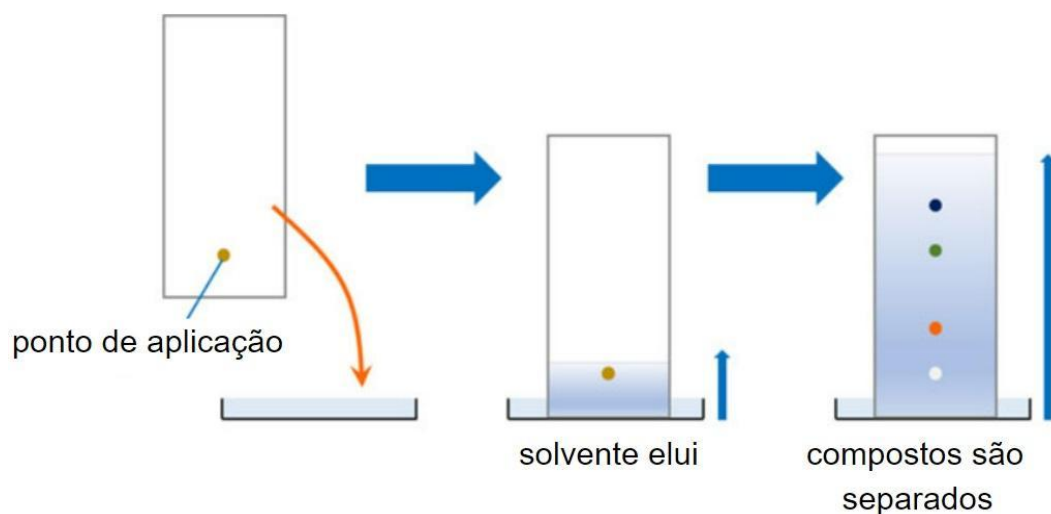
Segundo o autor citado no parágrafo anterior, é de consenso comum da comunidade científica, que para identificar seguramente determinada substância, é preciso empregar uma técnica da categoria A e outra de qualquer categoria, ou, caso seja impossível empregar alguma da categoria A, são necessárias três técnicas, sendo pelo menos duas da categoria B.

## 2.6 Cromatografia em camada delgada (CCD)

A cromatografia em camada delgada (CCD) é uma técnica de adsorção líquido-sólido. É utilizada na separação dos componentes de uma mistura, na identificação de compostos (por comparação entre compostos ou por comparação com padrões previamente conhecidos) e na purificação de compostos (separação de compostos indesejáveis) (Monteiro, 2018). A separação se dá pela diferença de afinidade dos componentes de uma mistura pela fase estacionária (Degani; Cass; Vieira, 1998). Algumas características da CCD são:

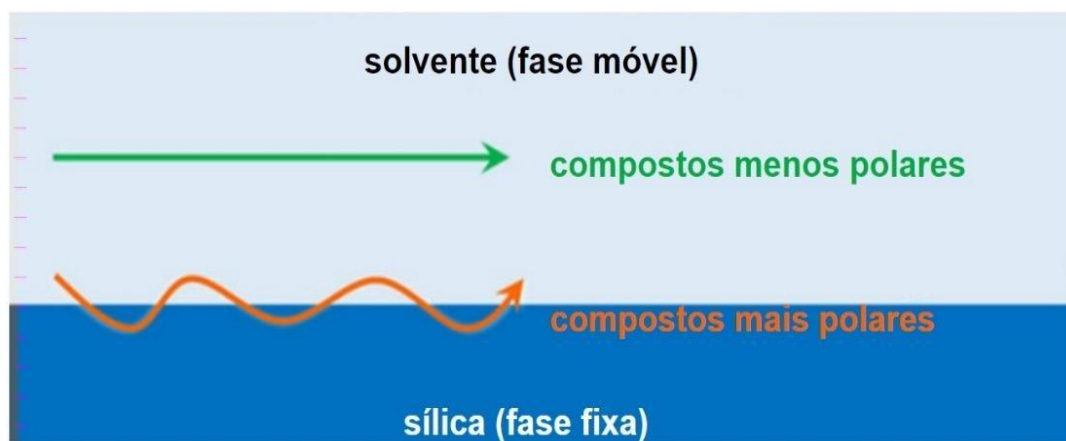
A forma física do sistema cromatográfico é planar; a fase estacionária (adsorvente) está na fase sólida e geralmente é constituída por sílica-gel ( $\text{Si}_2\text{xH}_2\text{O}$ ) ou o óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), depositada em uma lâmina de vidro; a placa de vidro contendo a fase estacionária é alocada em uma cuba cromatográfica, (recipiente de vidro com fundo chato) contendo o eluente e um papel filtro para favorecer a saturação e por conseguinte a observação dos “ultracromatogramas” ou manchas (Moreira, 2015).

O eluente migra facilmente pela fase estacionária, por força de capilaridade, segundo o mesmo autor. Um esquema da CCD foi adaptado da página <https://hatsudy.com/tlc.html> e é apresentado na Figura 1.

**Figura 1** — Esquema da CCD

Fonte: Autor (2023)

Os componentes mais polares têm maior afinidade com a sílica gel (fase fixa), tendo maior adsorção nesta e percorrendo menores distâncias. Os componentes menos polares têm maior afinidade com o eluente (fase móvel), percorrendo maiores distâncias. Essa relação dos compostos com a fase móvel e com a fase fixa de acordo com a polaridade é apresentada na Figura 2, adaptada da página <https://hatsudy.com/tlc.html>.

**Figura 2** — Relação entre polaridade na CCD

Fonte: Autor (2023)

A fases estacionárias mais utilizadas são extremamente polares, assim, não convém utilizar solventes pouco polares, pois não removem os compostos do ponto inicial, nem

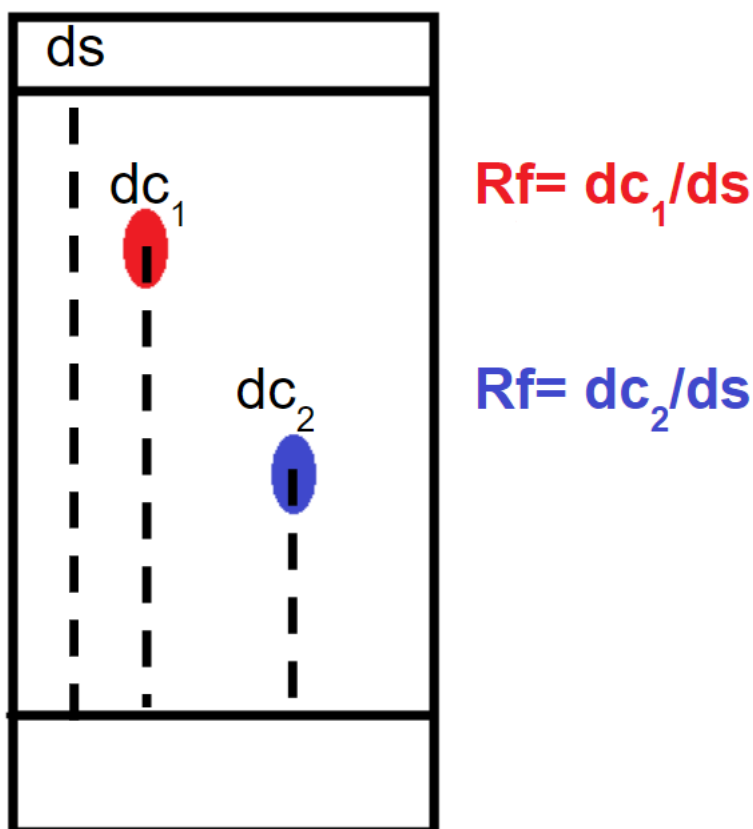
convém utilizar solventes muito polares, que arrastam os componentes da amostra até o final da placa. Os melhores resultados podem ser obtidos com misturas de solventes, com polaridade intermediária em relação aos componentes da amostra (Degani; Cass; Vieira, 1998).

Como a maioria dos compostos orgânicos são incolores, deve ser adotado algum método de revelação das manchas dos componentes da amostra analisada na CCD. Brondani (2019) destaca o método da luz ultravioleta (UV) e o do vapor de iodo como métodos não destrutivos de revelação, sendo o primeiro baseado na excitação da placa cromatográfica pela luz UV, e o segundo baseado na interação das partículas do vapor de iodo com compostos orgânicos das amostras. Ambos os métodos não são indicados para compostos saturados, que "não podem ser visualizados [...] e métodos mais drásticos e destrutivos devem ser utilizados", como o do Anisaldeído, do Ácido Fosfomolibdico, da Ninidrina, da Vanilina e do Permanganato de Potássio. Estes últimos são métodos destrutivos de revelação, e são baseados na oxidação de compostos orgânicos, por oxidantes fortes e altas temperaturas.

Na CCD, o fator de retenção ( $R_f$ ), definido como "a razão entre a distância percorrida pela mancha do componente e a distância percorrida pelo eluente", é utilizado como parâmetro para identificação de substâncias (Brondani, 2019), e sua fórmula está apresentada na Equação 1, na qual  $dc$  é a distância percorrida por determinado composto, e  $ds$  é a distância percorrida pelo solvente. Um esquema de cromatograma obtido por CCD é representado na Figura 3.

$$R_f = dc/ds \quad (1)$$

**Figura 3** — Esquema de cromatograma por CCD



Fonte: Autor (2023)

A partir do Rf serão fornecidas evidências sobre a substância presente na amostra (Moreira, 2015). A CCD permite identificar se dois compostos são idênticos, verificar a pureza de um composto, determinar o número de componentes em uma mistura, entre outras funções (Garcia, 2015).

Algumas vantagens da cromatografia em camada delgada são a "simplicidade, rapidez, economia e fácil identificação visual" (Skoog, 2002; Degani *et al.*, 1998, *apud* Moreira *et al.*, 2015). Segundo os autores, a CCD é "preferida para acompanhar reações orgânicas, purificação de compostos e identificação de substâncias previamente obtidas por meio de cromatografia líquida clássica".

Além da CCD, outros tipos de cromatografia são utilizados, a depender da natureza da amostra a ser analisada. A cromatografia líquida em camada delgada é utilizada na determinação qualitativa de aminoácidos no sangue e na urina, e de fosfolipídios no líquido amniótico. A cromatografia líquida de alta resolução, na determinação quantitativa de

aminoácidos, hemoglobinas, vitaminas, e a cromatografia gasosa, na separação de compostos voláteis (Albuquerque, *et al.*, 2005; Degani *et al.*, 1998, *apud* Monteiro, 2018).

A CCD é utilizada por peritos criminais na análise de drogas de abuso, como maconha e cocaína. A sílica, fase estacionária usual da CCD, possui caráter polar, já o THC (princípio ativo da maconha) é muito menos polar que a sílica, logo, tende a não permanecer retido nesta e sim a percorrer a placa junto ao eluente devido sua afinidade com este (Camargos, 2018).

## 2.7 Papiloscopia Forense

Papiloscopia é a ciência que trata da identificação humana através das papilas dérmicas (Manaus, 2015). Juan Vucetich, idealizador do método datiloscópico de *Vucetich*, definiu Datiloscopia como “a ciência que se propõe a identificar as pessoas, fisicamente consideradas, por meio das impressões ou reproduções físicas dos desenhos formados pelas cristas papilares das extremidades digitais” (Manual De Datiloscopia Da Escola De Instrução Especializada- EsIE, 1995 *apud* Mariano, 2018).

A papiloscopia se baseia em 5 princípios: O princípio da perenidade, que diz que as digitais são formadas ainda na barriga da mãe, a partir do sexto mês de gestação. Alguns fatores que influenciam no desenho das digitais são as movimentações do feto, genética e nutrição da mãe (Francez, 2020). O princípio da imutabilidade, que diz que as impressões digitais não se alteram ao longo da vida, exceto em casos de exposição a produtos abrasivos, corrosão, queimaduras, cortes e doenças de pele, como lepra. O princípio da variabilidade, que garante que as impressões digitais de todas as pessoas são únicas, inclusive as entre todos os dedos de uma mesma pessoa (Bruni; Velho; Oliveira, 2012, *apud* Guerreiro; Sampaio, 2019). Alguns autores acrescentam o princípio da classificabilidade, que indica a potencial classificação de acordo com os tipos fundamentais de desenhos das digitais. Também o princípio da praticidade, devido os procedimentos de revelação de impressões digitais serem relativamente simples, rápidos e de baixo custo quando comparado aos outros métodos (Chemello, 2006).

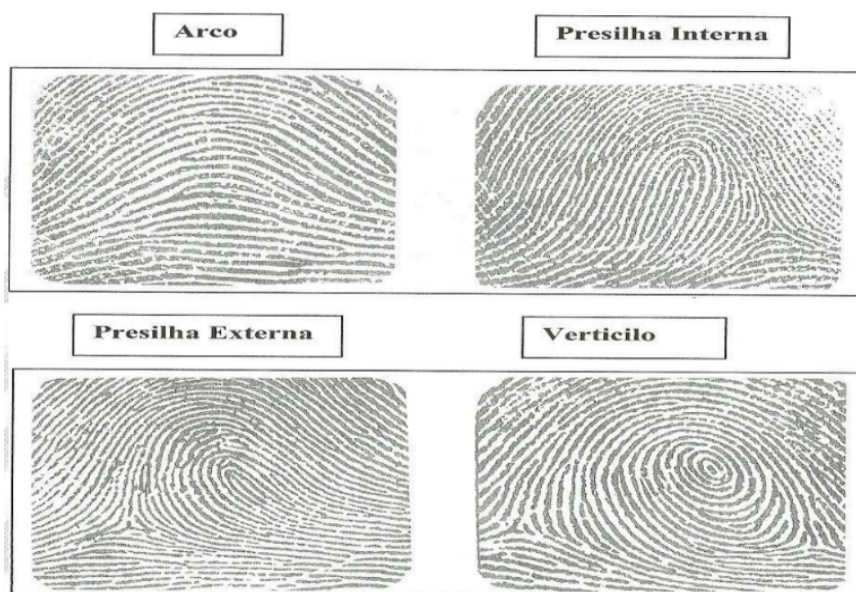
A composição química do suor das mãos é basicamente 99% água, e 1% materiais sólidos como aminoácidos e outros compostos nitrogenados, ácidos graxos, ácido láctico, glicídios, lipídios, além de componentes inorgânicos como ânions cloreto, sulfato e fosfato, e

cátions metálicos como sódio, potássio e ferro (Farias, 2008, p. 70). A composição química das impressões digitais tem origem de fontes endógenas e exógenas. As fontes exógenas podem ser qualquer superfície que é tocada pelos dedos, transferindo resíduos que acabam na impressão digital. As fontes endógenas podem ser as glândulas écrinas, responsáveis por compostos eletrólitos e hidrofílicos do suor, como a ureia, ou as glândulas apócrinas, apoécrinas e sebáceas, responsáveis por compostos gordurosos e lipofílicos, como o colesterol (Friesen, 2014). Os compostos gordurosos são agregados ao suor das mãos pelo contato prévio das mãos com regiões do corpo onde há presença de glândulas sebáceas, como as maçãs do rosto e couro cabeludo (Bell, 2006, *apud* Dias *et al.*, 2016).

Em investigações criminais, são utilizados métodos datiloscópicos para revelar impressões digitais em vestígios do crime, a fim de determinar se uma pessoa esteve presente no local do crime. A técnica do pó e a técnica do vapor de iodo são muito utilizadas por peritos, pois possibilitam o decalque da impressão digital (Gonçalves; Da Silva, 2019). A técnica do nitrato de prata, na qual este reage com íons cloretos das secreções da pele. Ao ser exposta à luz solar o tempo necessário, o íon prata é reduzido à prata metálica, sendo possível a visualização da impressão sob um fundo negro (Sebastiany *et al.*, 2013). A técnica da Ninidrina é baseada na sua reação com os aminoácidos, alguns dos principais constituintes da IPL (Farias, 2008, p. 77). Assim, é capaz de revelar impressões papilares que foram depositadas há até 50 anos (Chemello, 2014, *apud* Garcia, 2015).

Conforme a Figura 4, os desenhos papilares são divididos em quatro tipos fundamentais, baseado na existência ou ausência de deltas. Segundo Manaus (2015, p. 5), são estes: Arco: Datilograma sem delta; Presilha interna: Com o delta à direita do observador; Presilha interna: Com delta à esquerda do observador; Verticilo: Com um delta à direita e um à esquerda do observador.

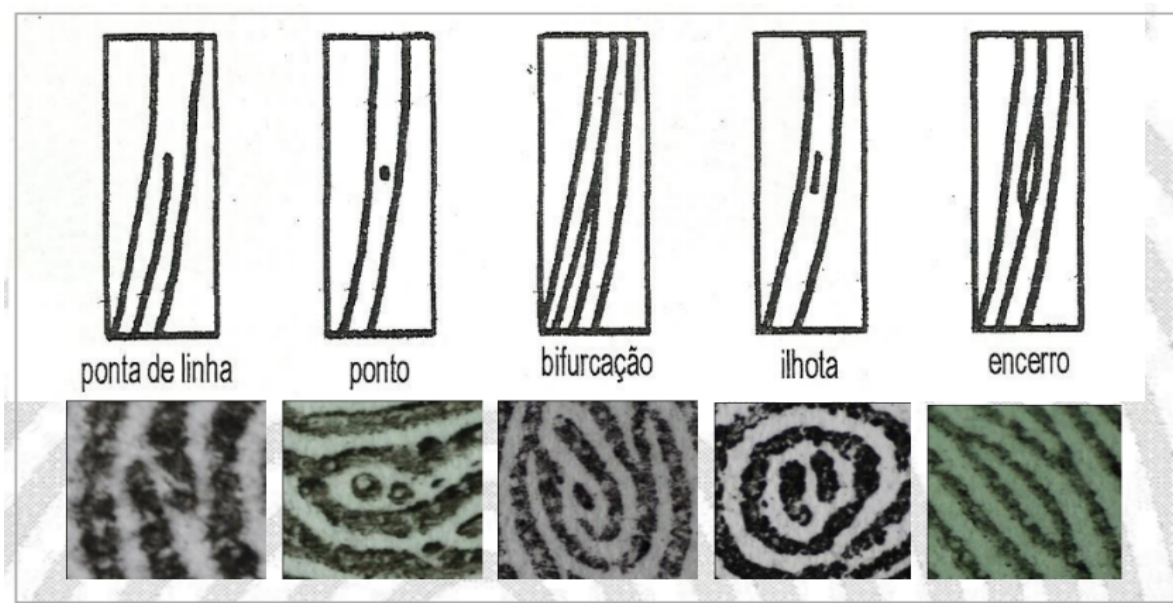
**Figura 4** — Tipos fundamentais de impressões digitais



Fonte: Manaus (2015, p. 5)

Em cada impressão digital há pontos característicos, ou minúcias, que permitem o caráter identificatório das impressões digitais. Alguns dos pontos característicos adotados pelos Instituto Nacional de Identificação (INI), destacados por Manaus (2015, P. 7) são: ponta de linha, ponto, ilhota, bifurcação e encerro, apresentados na Figura 5.

**Figura 5** — Pontos característicos das impressões digitais



Fonte: Manaus (2015, p. 7)

Ao ser revelada a impressão digital encontrada no local ou no objeto do crime, é feita a comparação com a impressão digital de algum suspeito ou com as impressões existentes nos bancos de dados do Instituto de Identificação da Polícia (Mariano, 2018). Bastam doze pontos característicos coincidentes em dois datilogramas para provar cientificamente e juridicamente, caracterizando, de forma indiscutível, que ambos correspondem ao mesmo dedo (Rabello, 1996, *apud* Kazienko, 2003). Ou seja, se duas impressões digitais possuem pelo menos doze pontos característicos iguais, nas mesmas posições, é correto afirmar que ambas são do mesmo dedo.

### 2.7.1 Técnica do pó

É uma das técnicas de revelação de impressões digitais mais antigas. É indicada para revelação de impressões digitais em superfícies lisas, não rugosas e não adsorventes (Chemello, 2006). Essa técnica de revelação é baseada na adsorção dos componentes de certo pó em alguns compostos da impressão digital (Farias, 2008, p. 71; Pereira, 2010). A Tabela 2 apresenta os principais pós reveladores utilizados, e suas respectivas composições.

**Tabela 2** — Pós utilizados na revelação de impressões digitais

| Pós pretos                       |                     |     | Pós brancos                      |                     |     |
|----------------------------------|---------------------|-----|----------------------------------|---------------------|-----|
| <b>Pó de óxido de ferro</b>      | Óxido de ferro      | 50% | <b>Pó de óxido de titânio</b>    | Óxido de titânio    | 60% |
|                                  | Resina              | 25% |                                  | Talco               | 20% |
|                                  | Negro-de-fumo       | 25% |                                  | Caulin              | 20% |
| <b>Pó de dióxido de manganês</b> | Dióxido de manganês | 45% | <b>Pó de carbonato de chumbo</b> |                     |     |
|                                  | Óxido de ferro      | 25% |                                  | Carbonato de chumbo | 80% |
|                                  | Negro-de-fumo       | 25% |                                  | Goma arábica        | 15% |
|                                  | Resina              | 5%  |                                  | Alumínio em pó      | 3%  |
| <b>Pó negro-de-fumo</b>          | Negro-de-fumo       | 60% |                                  | Negro-de-fumo       | 2%  |
|                                  | Resina              | 25% |                                  |                     |     |
|                                  | Terra de Fuller     | 15% |                                  |                     |     |

Fonte: Chemello (2006)

A adsorção ocorre principalmente nas moléculas de água da impressão digital, quando a impressão é recente, e à medida que o tempo passa, a adsorção ocorre em compostos gordurosos, oleosos e sebáceos (Chemello, 2006). As interações entre as partículas do pó e os

compostos presentes na impressão digital são essencialmente do tipo ligações de hidrogênio e forças van der Waals (Farias, 2008, p. 71).

### **2.7.2 Técnica do iodo**

A técnica do vapor de iodo, junto a técnica do pó, é uma das técnicas de revelação de IPL baseadas no fenômeno de adsorção. O iodo molecular é apolar e, devido às forças dipolo induzido, de fraca intensidade, que mantém seu sólido unido, tem capacidade de sublimação em temperatura próxima à do ambiente, ou seja, passa do estado sólido diretamente para o estado de vapor em cerca de 25° celsius (De Oliveira; Ferrarezi, 2021; Poletto, 2017).

Seu vapor adere facilmente às gorduras da IPL, visto que as gorduras também são apolares, ocorrendo uma interação do tipo dispersão de London, assim, ocorre a revelação da IPL (Guerreiro; Sampaio, 2019). Quando o vapor interage com os ácidos graxos da impressão digital, se liga aos carbonos, promovendo a quebra das ligações duplas presentes nos ácidos graxos, sendo visível a impressão digital (Brito *et al.*, 2010; Pereira, 2010)

## **2.8 Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)**

O método Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) foi desenvolvido e aplicado pela primeira vez no curso de medicina da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade McMaster, no Canadá, na década de 1960, e surge em contraposição aos métodos tradicionais de ensino-aprendizagem (Barrows, 1996, *apud* Silva, 2017). Hoje em dia é aplicado em diversos níveis de ensino e áreas do conhecimento, em todo o mundo.

Algumas premissas básicas da ABP são o processo de ensino-aprendizagem em torno da explicação, da indagação e da reformulação ou resolução de algum problema que atinja diretamente o interesse dos alunos (Barrows, 2000, *apud* Silva, 2017). Assim, esse método estimula o desenvolvimento do pensamento crítico, de habilidades de solução de problemas e a aquisição de conceitos fundamentais de certa área de conhecimento, por meio da aplicação de um problema real no início de uma aula, em contraposição aos métodos que aplicam um problema ao final de uma aula expositiva de um determinado conteúdo (Ribeiro; Mizukami, 2004 *apud* Silva, 2017).

O pensamento reflexivo começa a partir de questionamentos, dando origem ao ato de pensar, e se encerra com uma pesquisa, com o objetivo de encontrar respostas para os questionamentos. O processo de indagação ocorre levando em conta os passos: 1. Apresentação de um problema; 2. Identificação do problema; 3. Sugestão de solução; 4. Experimentação; 5. Solução (Tiballi, 2003, *apud* BorochoVICIUS; Tortella, 2014). Um dos pressupostos da ABP é que o conhecimento prévio sobre um conteúdo é ativado no início da análise de um problema, e é o que determina a quantidade de conhecimentos novos que podem ser adquiridos. Apesar disso, os conhecimentos prévios não são condição suficiente para o entendimento e memorização de novas informações, mas sim a ativação destas por meio de discussões em grupos, antes e depois da apresentação dos novos conhecimentos (Norman; Schmidt, 1992; Schmidt, 1993; Regehr; Norman, 1996, *apud* Silva, 2017).

Existe um consenso na literatura sobre as características básicas da ABP. Entre elas, estão a religação dos saberes, a aquisição de conhecimentos transdisciplinares, o desenvolvimento de habilidades, de competências e atitudes em todo processo de aprendizagem, além de favorecer a aplicação desses princípios em outras áreas da vida cotidiana do aluno (De Souza, 2015). Além disso, a metodologia ABP é uma técnica que induz o aluno a aprender autonomamente (Leite; Esteves, 2005, *apud* Seabra, 2022). Durante a aplicação, o aluno é inquirido a resolver problemas intrínsecos à sua área de conhecimento, tendo como base um papel ativo no processo de verificação, na observação e no histórico do conhecimento investigado.

Sobre o uso de casos investigativos na aprendizagem de química, Dias (2022), após revisar os trabalhos de diversos autores, percebeu uma semelhança entre estes, relacionada ao desenvolvimento argumentativo dos estudantes, discussão de questões sociocientíficas, melhora do entendimento de conceitos científicos e do processo de ensino e aprendizagem. Além disso, saber utilizar um problema para nortear a construção do conhecimento dos alunos é uma habilidade fundamental para professores. Sobre o método ABP na formação inicial de professores, Silva (2017) afirma que “poderia ajudar a sensibilizar os alunos para a existência de alternativas pedagógicas às aulas expositivas que vivenciaram”.

## 2.9 Aprendizagem Significativa

Aprendizagem significativa é o processo no qual um novo conhecimento interage de forma substantiva (não-literal) e não arbitrária com os conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva. Interação “substantiva” significa que a nova informação pode ser expressa de diferentes formas, palavras ou signos, com significados equivalentes, e “não arbitrária” significa que o novo material não interage com qualquer aspecto da estrutura cognitiva, mas sim com conhecimentos especificamente relevantes para o aluno (Moreira, 2011, p. 25-46).

Esses conhecimentos especificamente relevantes, Ausubel (1918-2008) denominava subsunçores, que podem ser, por exemplo, algum símbolo já significativo para o aluno, algum conceito ou imagem, e servem de âncora para novos conhecimentos potencialmente significativos. A partir dessa interação, os novos conhecimentos adquirem significado e os conhecimentos prévios adquirem novos significados (Moreira, 2012).

Costa (2016) afirma que, segundo Ausubel, para que a aprendizagem seja significativa, “o aluno precisa possuir os subsunçores adequados, ter predisposição para aprender e o material a ser utilizado tem que ser potencialmente significativo”. Nesse processo, o professor é o mediador, apresentando uma estrutura lógica de conhecimentos e utilizando todo conteúdo informacional do aluno, para favorecer a predisposição para aprender, e adquirir novos conhecimentos (Pacheco, 2021). Cabe ao professor preparar a aula utilizando exemplos que possibilitem relacionar o conteúdo com experiências cotidianas, garantindo o interesse, e principalmente ter um ponto de “ancoragem” para centrar o discurso. E cabe ao aluno a disposição para aprender algo novo, relacionar com saberes anteriores e incorporar novos conhecimentos em sua estrutura cognitiva (Souza, 2017).

### 3 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa adotada neste trabalho de conclusão de curso foi de caráter qualitativo. A pesquisa foi aplicada em dois componentes curriculares do curso de Química Licenciatura da Unipampa campus Bagé. Na turma de Química Orgânica Experimental (QOExp.), composta por 5 alunos, foi aplicada a cromatografia em camada delgada, na qual foi realizada a análise qualitativa da cafeína em dois medicamentos, Neosaldina® e Torsilax®, e também foi aplicada a revelação de impressões digitais com vapor de iodo. Na turma de Química Geral 2 (QG2), composta por 5 alunos, foi aplicada a revelação de impressões digitais com pó e com vapor de iodo, totalizando 10 alunos-objeto de estudo. Em cada componente curricular as intervenções foram divididas em 3 encontros, conforme apresentado no Quadro 1:

**Quadro 1** — Divisão de encontros e atividades realizadas

|                   | <b>Química Orgânica Experimental</b>                                                                                                                                                                                | <b>Química Geral 2</b>                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Encontro 1</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação da pesquisa</li> <li>• Questionário diagnóstico</li> </ul>                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação da pesquisa</li> <li>• Questionário diagnóstico</li> </ul>                                                                                                                                                   |
| <b>Encontro 2</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introdução polaridade e forças intermoleculares</li> <li>• CCD e Química Forense</li> <li>• Atividade prática: CCD</li> <li>• Apresentação da situação-problema</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introdução polaridade e forças intermoleculares</li> <li>• Papiloscopia e Química Forense</li> <li>• Atividade prática: Revelação de impressões digitais com iodo</li> <li>• Apresentação da situação-problema</li> </ul> |
| <b>Encontro 3</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discussão da situação-problema</li> <li>• Atividade prática: Revelação de impressões digitais com iodo</li> </ul>                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discussão da situação-problema</li> <li>• Atividade prática: Revelação de impressões digitais com pó de carvão</li> </ul>                                                                                                 |

Fonte: Autor (2023)

Em ambas as turmas, no primeiro encontro, foi aplicado um questionário diagnóstico, a fim de identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre polaridade e forças

intermoleculares, e sobre seus conhecimentos de Química Forense, suas técnicas e aplicações em investigações criminais.

No segundo encontro, em cada uma das turmas, foram realizadas aulas teórico-experimentais. No componente Química Orgânica Experimental (QOExp.) foram apresentados os conteúdos de polaridade e forças intermoleculares, cromatografia em camada delgada, e após foi realizado o experimento de análise qualitativa da cafeína, a partir da cromatografia em camada delgada, nos medicamentos Neosaldina® e Torsilax®. No componente Química Geral 2 (QG2), também foi realizada a introdução aos conteúdos polaridade e forças intermoleculares, entretanto, a contextualização desse conteúdo foi relacionada à papiloscopia forense. Após a etapa teórica na turma de QG2, foi realizada a revelação de impressões digitais com vapor de iodo.

No final do segundo encontro foi apresentada aos alunos uma situação-problema: uma notícia sobre um crime real, e solicitou-se a eles uma pesquisa preliminar sobre técnicas cromatográficas e de revelação de impressões digitais utilizadas na perícia criminal, para posterior discussão em aula sobre o tal crime. O terceiro encontro destinou-se a avaliação de aprendizagem a partir das anotações, discussões e reflexões individuais dos alunos para a resolução da situação-problema apresentada no segundo encontro. A partir da descrição das técnicas de perícia criminal, escolhidas por eles, para a análise da situação-problema, das suas expressões e participação na discussão de suas propostas de resolução da situação, foi avaliado como a experimentação e a contextualização com a Química Forense favoreceu a aprendizagem significativa do conteúdo abordado.

### **3.1 Etapa diagnóstica**

A aplicação do questionário diagnóstico foi realizada a fim de definir o nível de conhecimento prévio sobre polaridade e forças intermoleculares e Química Forense que o público-alvo possuía. O instrumento de coleta foi estruturado para obter as informações necessárias da forma mais adequada possível. Os dados foram analisados visando atender aos objetivos da pesquisa, como indica Ramos e colaboradores (2019). Apesar de simples, o questionário elaborado para essa pesquisa foi objetivo, claro e organizado, conforme Günther (2013), citado por Ramos *et al.* (2019), descreve um bom questionário. Para a construção do questionário foram incluídas algumas questões adaptadas de livros de ensino médio, mesmo

sendo aplicada a pesquisa no ensino superior. O questionário diagnóstico aplicado consta no Apêndice A.

### **3.2 Etapa prática**

#### **3.2.1 Cromatografia em Camada Delgada: Análise de cafeína em medicamentos**

Para o planejamento das atividades experimentais, foi realizada uma revisão na literatura sobre aplicações de cromatografia em camada delgada (CCD) na análise de cafeína, como as de Albino (2020), Moreira (2015) e Monteiro *et al.* (2018). Foram realizados no laboratório da Unipampa, testes preliminares da identificação de cafeína nos medicamentos Neosaldina® e Torsilax® para escolher o (s) melhor (es) eluente (s) e o método de revelação das placas cromatográficas. No primeiro teste os solventes utilizados foram diclorometano, solução de acetato de etila e hexano (75:25) e solução de acetona e hexano (75:25), e para revelação das placas foi utilizado o método do vapor de iodo, em uma adaptação da metodologia de Moreira (2015).

Já no segundo teste, utilizou-se a solução de acetato de etila (56,5 mL), etanol (7 mL) e hidróxido de amônio (3,5 mL), conforme Schänzer (2000), e o método de revelação empregado foi da solução de ácido fosfomolibdico 10% etanol, com posterior queima da placa para a revelação, como indica Sejer (2008). Os parâmetros adotados no segundo teste foram definitivos para a aplicação da prática no componente de QOExp., pois apresentaram melhor definição da eluição da amostra.

A técnica de cromatografia em camada delgada foi aplicada no segundo encontro para a turma de QOExp. Nesta aula foi realizada a introdução teórica do experimento aos alunos e após eles realizaram a extração da cafeína dos medicamentos Neosaldina® e Torsilax® utilizando os solventes água e diclorometano, tal metodologia foi adaptada de Albino (2020). Primeiramente, extraiu-se a cafeína utilizando água como solvente extrator e após extraiu-se a cafeína da fase aquosa com o solvente diclorometano. A solução de cafeína em diclorometano foi aplicada na placa cromatográfica e eluída com a solução de solventes escolhida no segundo teste descrito acima. Após a eluição das amostras, os alunos realizaram a demarcação das manchas reveladas pelo revelador, descrito no segundo teste. Os dados obtidos por eles na leitura da placa cromatográfica foram utilizados para a discussão do

experimento. O roteiro do procedimento experimental da CCD aplicado nesse encontro, assim como o plano de aula constam nos Apêndices B e C, respectivamente.

### 3.2.2 Revelação de impressões digitais

Para a revelação de impressões digitais foi feita uma revisão bibliográfica sobre aplicações das técnicas do pó e do vapor de iodo no ensino de química, tais como Dias *et al.* (2016), Guerreiro e Sampaio (2019), Sebastiany *et al.* (2013), Cruz *et al.* (2016) e Poletto (2017). A técnica do vapor de iodo foi previamente testada no laboratório de Química da Unipampa, e a técnica do pó foi previamente testada em casa, utilizando carvão minimamente triturado, para obter a maior superfície de contato possível.

A técnica do iodo foi aplicada na turma de QG2, ao final do segundo encontro, e na turma de QOExp., ao final do terceiro encontro. Para a turma de QG2 foi feita uma introdução teórica sobre polaridade e forças intermoleculares, na qual foram apresentadas algumas definições, exemplos, e a ordem de intensidade das forças intermoleculares. Em seguida foram apresentados conceitos sobre papiloscopia forense, datiloscopia, utilização destas na Química Forense, princípios da papiloscopia, classificações, pontos característicos, composição e técnicas de revelação das impressões digitais. Após a descrição das técnicas de revelação de impressões digitais, algumas envolvendo o fenômeno de adsorção e outras reações químicas, foi feita a revelação de impressões digitais com iodo. Para isso, cada aluno colocou sua digital em uma placa de vidro e em um papel filtro, para fins de comparação, em seguida estes foram colocados na cuba de iodo. Na turma de QOExp. a técnica do iodo foi aplicada após a discussão da situação-problema. Os planos de aula da aplicação nas turmas de QG2 e de QOExp. são apresentados nos Apêndices D e E, respectivamente.

A técnica do pó foi aplicada na turma de QG2, ao final do terceiro encontro, após a discussão sobre a situação-problema, e para isso, foram distribuídos vidros relógios e um punhado de carvão triturado. A prática de revelação de impressões digitais com pó exigiu participação mais ativa com relação à revelação com vapor de iodo. Cada aluno pressionou seu polegar em um vidro relógio e, com o auxílio de uma espátula, transferiu o pó de carvão sobre a impressão digital, tornando-a visível. O roteiro do procedimento experimental e o seu respectivo plano de aula é apresentado no Apêndice F. As técnicas de revelação de impressões digitais foram estratégias ilustrativas, que de acordo com Pacheco (2021), são utilizadas nos últimos momentos de aula para comprovar o estudo e fundamentar a teoria.

### 3.3 Etapa avaliativa

Para o planejamento da atividade avaliativa e elaboração do instrumento de coleta de dados, foi feita uma revisão bibliográfica sobre a elaboração e aplicação de situações-problemas no ensino de Química, preferencialmente relacionadas à Química Forense, como a de Delfino (2018) e Cruz *et al.* (2016), por exemplo. Silva (2017) apresenta características básicas para um bom problema ser trabalhado em sala de aula: atrair o interesse; haver correspondência entre conteúdos curriculares e aprendizagem; possuir funcionalidade; e ter o tamanho ideal. Com base nessas características, foi realizada uma busca minuciosa por notícias de crimes reais, as quais atendessem a cada um desses critérios. A situação-problema selecionada foi um crime, descrito em datas e veículos de informação diferentes, de acordo com as Figuras 6, 7 e 8.

**Figura 6** — Notícia 1 da situação-problema



Fonte: Portal G1 (2022)

**Figura 7** — Notícia 2 da situação-problema



**Figura 8** — Notícia 3 da situação-problema



Uma síntese da situação-problema é apresentada a seguir, e sua versão completa consta no Apêndice G, no qual é apresentada a atividade de avaliação.

*Na última quinta-feira (3), um corpo em estado de decomposição foi encontrado dentro de uma geladeira [...] no centro da cidade de Itapetim, Sertão de Pernambuco. [...] Adonias [...] estava desaparecido desde o dia 13 de outubro. Testemunhas [...] sentiram um cheiro forte perto da residência onde o corpo foi*

*encontrado e notaram a presença de muitas moscas perto do imóvel. A polícia foi acionada e, após entrar no imóvel, foi verificado que a geladeira estava ligada à energia elétrica e também estava chumbada na parede da residência. [...] o principal suspeito do crime, Fábio [...], foi [...] preso no estado de São Paulo. No entanto, por falta de um mandado de prisão, foi liberado.*

*Após 40 dias de investigação a perícia apontou que a causa da morte do jovem foi overdose. [...] foram encontradas [...] pelo menos cinco substâncias de medicamentos. O principal suspeito [...] já foi preso em 2016 por exercício ilegal da medicina. [...] Ele atendia [...] de forma ilegal em um consultório improvisado [...] e cobrava R\$ 40 por consulta. [...] A irmã (da vítima) disse que dias após o desaparecimento, o carro de Adonias foi encontrado [...] no município de Itapetim, já em Pernambuco. "Um homem estava guardando o carro. Ele foi ouvido pela polícia e liberado. Ele disse que guardou a pedido de outros dois homens, mostramos a foto do meu irmão e ele disse que nenhum dos dois era Adonias. Esses homens também foram ouvidos, mas não estão presos".*

*O suspeito [...] foi preso pela Polícia Civil de São Paulo, na segunda-feira (13) [...] A prisão aconteceu após a Justiça de Pernambuco expedir [...] um mandado de prisão preventiva contra ele. [...] Na casa de Fábio funcionava uma clínica clandestina. No local, foram apreendidos documentos falsos, medicamentos sujeitos à prescrição médica, mobílias destinadas para procedimentos clínicos, certificados de conclusão de cursos na área de saúde e estética e outros apetrechos médicos. [...] No final de janeiro, Fábio foi preso em São José dos Campos por uso de documento falso e exercício ilegal da medicina. Ele havia sido solto depois de passar por audiência de custódia.*

Nesta etapa foi avaliado se houve a aprendizagem significativa do conteúdo abordado por meio da análise das respostas apresentadas pelos alunos a resolução da situação-problema. Para fundamentar as respostas, foi sugerida uma pesquisa preliminar sobre cromatografia em camada delgada, cromatografia líquida, cromatografia gasosa, e técnicas de revelação de impressões digitais.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

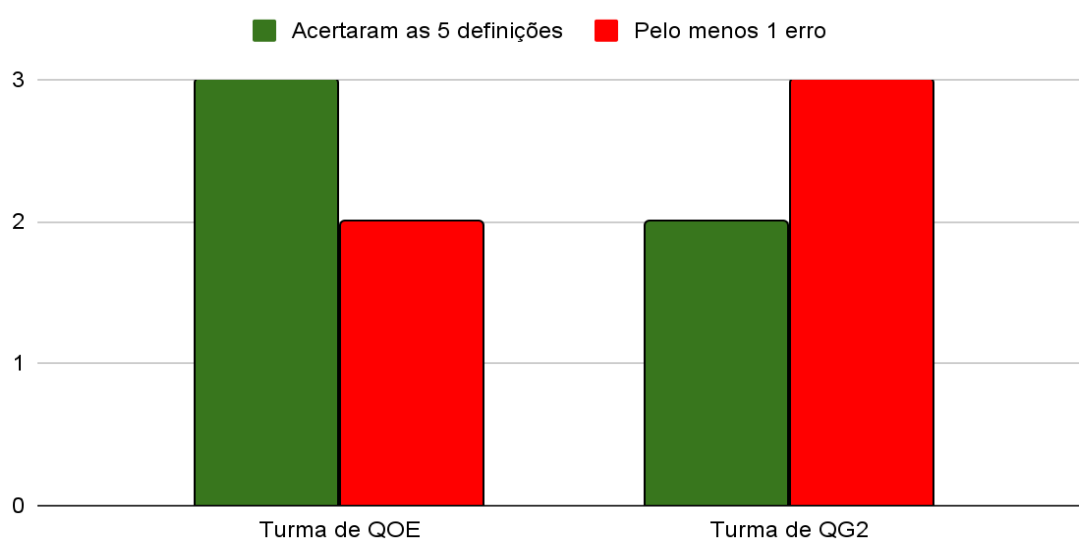
### 4.1 Questionário diagnóstico

Os alunos de ambas as turmas apresentaram expressões de grande interesse na temática Química Forense, no momento da apresentação da pesquisa, mas demonstraram ter dificuldades para responder corretamente ao questionário. Apesar de a professora regente da turma de QOExp. já ter abordado o conteúdo de polaridade e forças intermoleculares em técnicas anteriores, os alunos dessa turma demonstraram dificuldade para responder às questões, principalmente na questão 1 sobre as definições de molécula polar, apolar, dipolo induzido, dipolo permanente e ligação de hidrogênio, e na questão 4, sobre o tipo de interação que ocorre entre a molécula de água e a de ácido acético.

Na turma de QG2, os alunos também apresentaram dificuldades para responder a maioria das questões, mesmo sendo conteúdos programáticos do primeiro ano do ensino médio. A professora regente do componente curricular não havia revisado polaridade e forças intermoleculares ainda, e este componente curricular pertence ao segundo semestre do curso de Química Licenciatura. Os alunos, em ambas as turmas, demoraram cerca de 30 minutos para completarem o questionário.

**Figura 9** — Gráfico da questão 1 do questionário diagnóstico

Questão 1. Definições de molécula polar, molécula apolar, dipolo induzido, dipolo permanente e ligação de hidrogênio



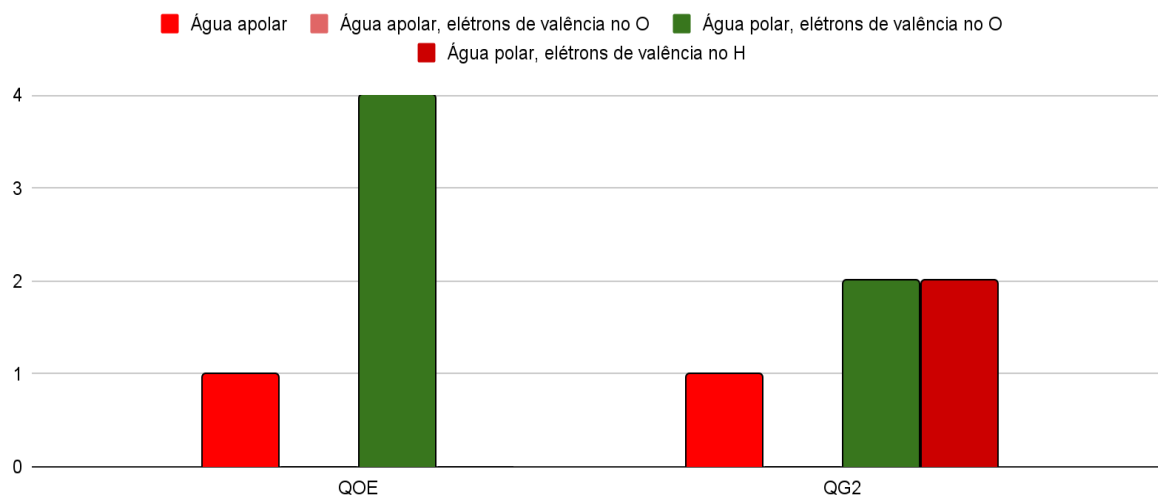
Fonte: Autor (2023)

A Figura 9 apresenta o gráfico com os erros e acertos de cada turma na questão 1 do questionário diagnóstico, sobre as definições de molécula polar, molécula apolar, dipolo induzido, dipolo permanente e ligações de hidrogênio. Na turma de QOExp., na qual a professora regente já havia apresentado as definições das forças intermoleculares em outras técnicas realizadas no semestre, três alunos marcaram corretamente todas as definições, e dois alunos erraram pelo menos uma. Essa questão foi uma das que os alunos dessa turma apresentaram maior dificuldade, mesmo após a revisão do conteúdo pela professora regente.

Já na turma de QG2, na qual o conteúdo de polaridade e forças intermoleculares ainda não havia sido revisado, dois alunos acertaram todas as definições e três erraram pelo menos uma definição. A análise desses resultados indica que os alunos não apresentaram conhecimentos prévios sobre polaridade e forças intermoleculares, pois não consolidaram esse conhecimento de forma significativa no ensino médio. Tais dados estão de acordo com os obtidos por Brito *et al.* (2010), visto que um de seus alunos do terceiro ano do ensino médio afirma que não lembrava como ocorriam ligações de hidrogênio e nem o que são forças van der Waals, abordadas no primeiro ano.

**Figura 10** — Gráfico da questão 2 do questionário diagnóstico

Questão 2. Polaridade da água



Fonte: Autor (2023)

A Figura 10 apresenta o gráfico das opções marcadas pelos alunos na questão 2 do questionário diagnóstico, com relação a polaridade da molécula de água. Na turma de

QOExp., quatro alunos responderam corretamente, ou seja, que a água é polar pois os elétrons de valência da molécula se concentram próximos ao átomo de oxigênio. Apenas um respondeu que a água é apolar.

Na turma de QG2, dois alunos acertaram a resposta, dois alunos responderam que a água é polar, mas justificaram que é devido aos elétrons de valência da molécula se concentrarem próximos ao átomo de hidrogênio, e um aluno respondeu que a molécula de água é apolar. Tais resultados indicam que alguns alunos não consolidaram o conhecimento desse conteúdo no ensino médio, assim, naquele momento não conseguiram relacionar a polaridade da molécula de água.

**Figura 11** — Gráfico da questão 3 do questionário diagnóstico

**Questão 3. Ordem de intensidade das forças intermoleculares**



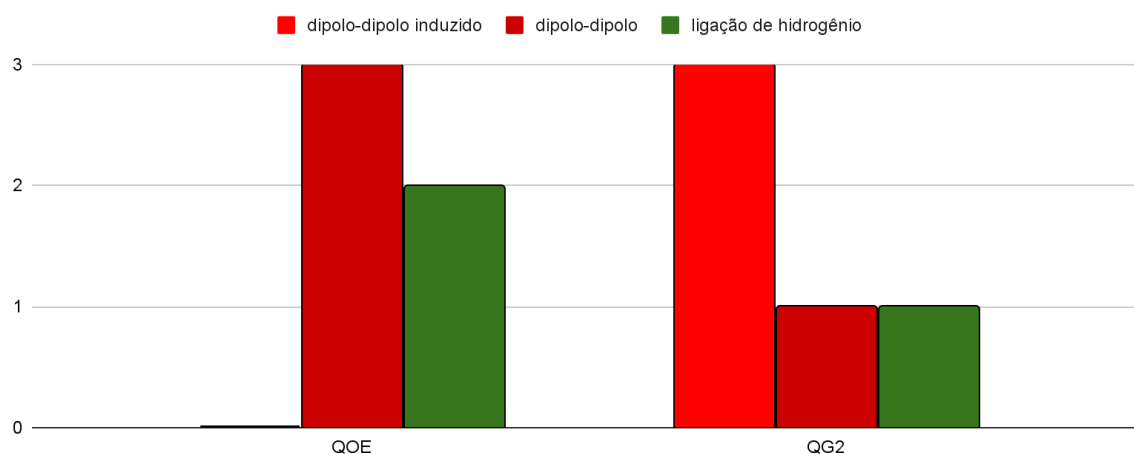
Fonte: Autor (2023)

A Figura 11 apresenta o gráfico da questão 3, sobre a ordem de intensidade das forças intermoleculares. Todos os alunos da turma de QOExp. marcaram corretamente a resposta. Vale considerar que os alunos dessa turma consultaram o caderno, pois a professora regente já havia revisado a ordem de intensidade das forças intermoleculares em aulas anteriores. Esse fato dificulta a análise do conhecimento prévio dos alunos sobre o conteúdo, pois não responderam a questão sem a consulta do material.

Na turma de QG2, nenhum aluno marcou corretamente, sendo que quatro alunos marcaram que ligações de hidrogênio é a menos intensa das forças intermoleculares, e dipolo permanente a mais intensa, e um aluno marcou que ligação de hidrogênio é a menos intensa e dipolo induzido a mais intensa. Foi apresentado alto déficit de conhecimentos sobre esse conteúdo pelos alunos dessa turma, assim como Souza (2017) relata, em sua abordagem de química forense no terceiro ano do ensino médio, as maiores dificuldades dos alunos nas questões de Química Geral estão relacionadas ao conteúdo de forças intermoleculares.

**Figura 12** — Gráfico da questão 4 do questionário diagnóstico

**Questão 4. Tipo de interação entre água e ácido acético**



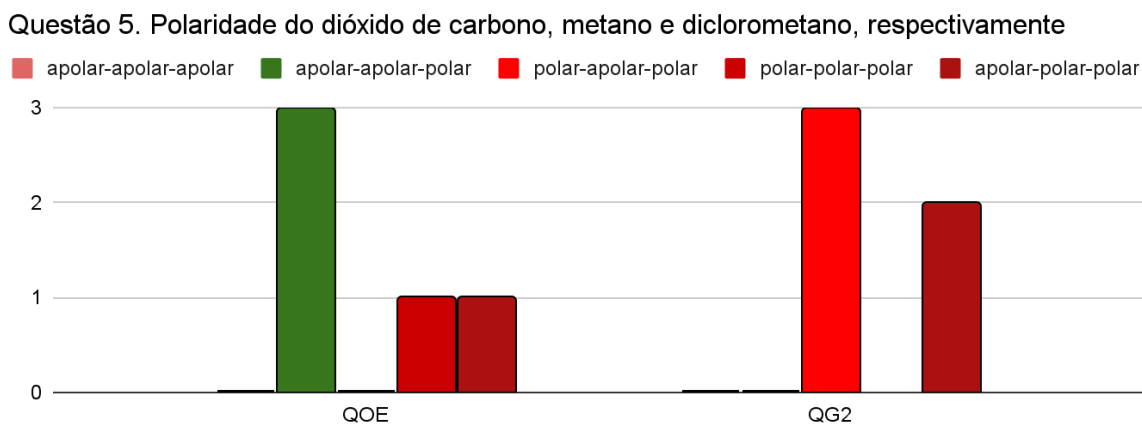
Fonte: Autor (2023)

A Figura 12 apresenta o gráfico da questão 4, sobre o tipo de interação que ocorre entre água e ácido acético. Apesar de a ligação de hidrogênio ser classificada como dipolo-dipolo, três alunos da turma de QOExp. marcaram a opção dipolo-dipolo, e apenas dois alunos marcaram a opção ligação de hidrogênio. Nota-se que nesta turma, naquele momento, os alunos compreendiam que tanto a água quanto o ácido acético são polares, afinal, ninguém marcou a opção dipolo induzido, mas ainda havia alunos que não perceberam que o tipo de interação é ligação de hidrogênio. Os alunos apresentaram grande dificuldade em responder essa questão.

Na turma de QG2, apenas um aluno marcou a opção correta. Três alunos marcaram a opção dipolo-dipolo induzido, indicando que acreditam que ou a água ou o ácido acético é apolar, e um aluno marcou a opção dipolo-dipolo, ou seja, este sabe que tanto a água quanto o

ácido acético são polares, mas não sabem a diferença entre dipolo-dipolo clássica e a ligação de hidrogênio.

**Figura 13** — Gráfico da questão 5 do questionário diagnóstico

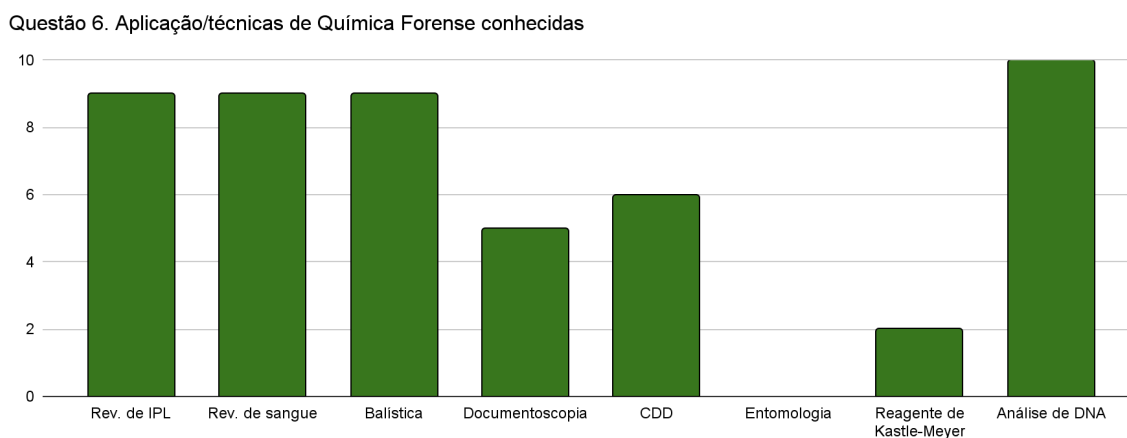


Fonte: Autor (2023)

A Figura 13 apresenta o gráfico da questão 5, com as respostas dos alunos com relação a polaridade das moléculas de dióxido de carbono, metano e diclorometano, respectivamente. Na turma de QOExp., três alunos marcaram corretamente a resposta.

Na turma de QG2, nenhum aluno respondeu a questão corretamente, indicando que estes não consolidaram esse conhecimento no ensino médio. Vale ressaltar que a questão apresentava as estruturas moleculares das moléculas, permitindo que os alunos as analisassem para responder corretamente.

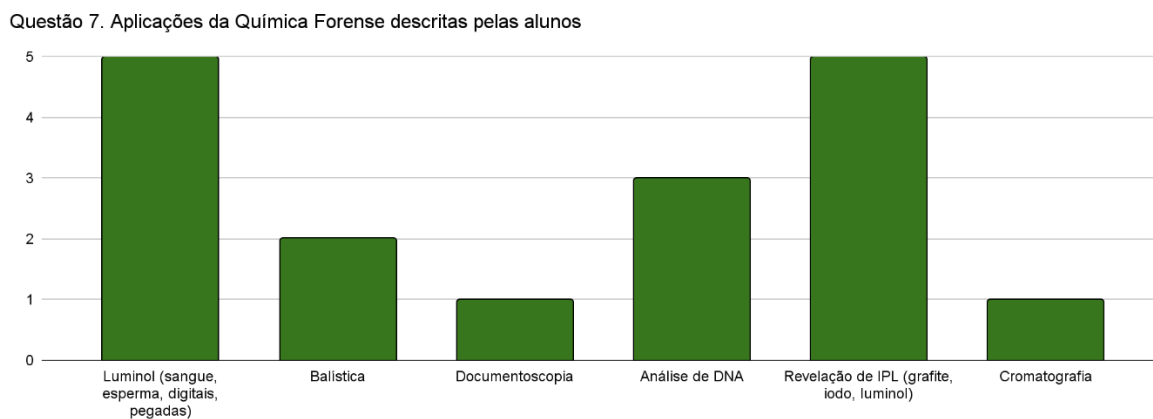
**Figura 14** — Gráfico da questão 6 do questionário diagnóstico



Fonte: Autor (2023)

A Figura 14 apresenta o gráfico da questão 6 sobre aplicações e técnicas utilizadas na Química Forense conhecidas pelos alunos. Algumas aplicações são conhecidas pela grande maioria dos alunos, como revelação de impressões digitais latentes, revelação de manchas de sangue, balística e análise de DNA, sendo todas essas aplicações popularmente representadas por séries e filmes investigativos. Outras aplicações são de menor conhecimento por parte dos alunos, ou pelo menos, sem assimilação ao nome da técnica, como documentoscopia, cromatografia em camada delgada e reagente de Kastle-Meyer. Nenhum aluno tinha conhecimento sobre entomologia forense, ou pelo menos, nenhum assimilava o nome à área.

**Figura 15** — Gráfico da questão 7 do questionário diagnóstico



Fonte: Autor (2023)

Dos 10 alunos-objeto, apenas 7 responderam a questão 7 do questionário diagnóstico, a qual pedia para descrever brevemente as aplicações marcadas na questão 6. Conforme a Figura 15, dos sete alunos, cinco mencionaram o luminol, seja para revelação de impressões digitais, esperma e/ou pegadas. Também cinco alunos fizeram menção à revelação de impressões digitais, mencionando a técnica do grafite e do iodo, ambas envolvendo conhecimento de forças intermoleculares, além do luminol. Análise de DNA, exames de balística e cromatografia também estão entre as aplicações descritas pelos alunos.

As informações descritas pelos alunos nessa questão, bem como as opções marcadas na questão 6, serviram de subsunçores pelo professor-pesquisador, na abordagem da temática nas etapas práticas. A partir dos conhecimentos dos alunos sobre Química Forense, especificamente relevantes em suas estruturas cognitivas, foram integrados novos

conhecimentos potencialmente significativos, dando novos significados aos conhecimentos prévios, e um significado aos novos conhecimentos, conforme destaca Moreira (2012).

#### **4.2 Cromatografia em Camada Delgada: Análise de cafeína em medicamentos**

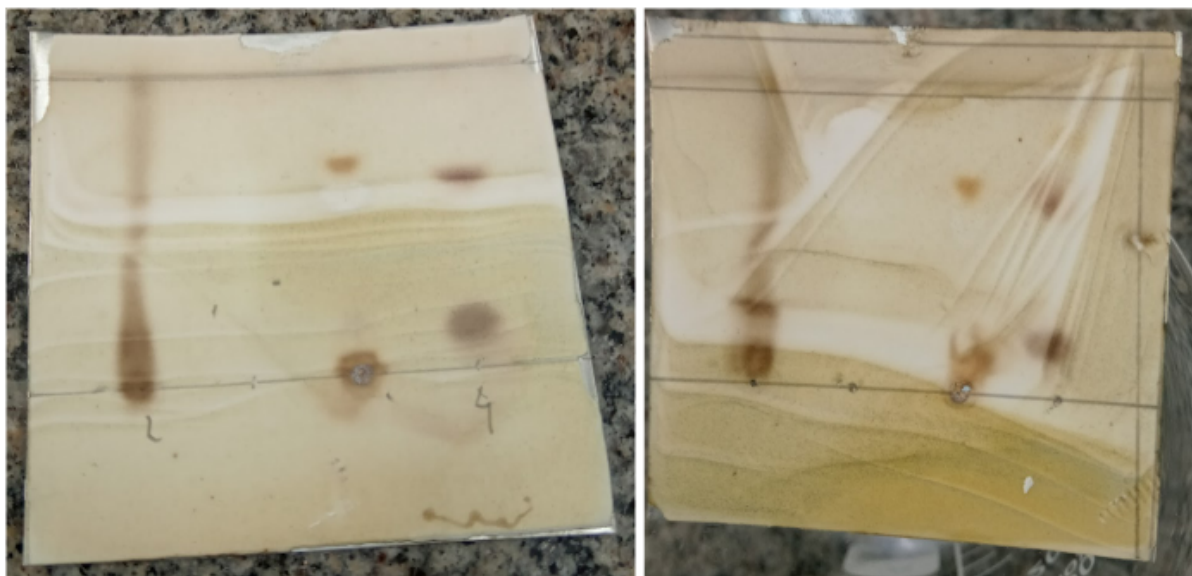
No segundo encontro realizou-se a introdução teórica da aula, revisando os conteúdos de polaridade e forças intermoleculares, princípios básicos de cromatografia, assim como a discussão da polaridade dos componentes ativos das amostras de comprimidos, cafeína e demais princípios ativos. Apesar de o professor-pesquisador considerar uma retomada de conteúdo, acredita-se que tal abordagem foi a primeira apresentação significativa de polaridade e forças intermoleculares para os alunos, visto que, mesmo estes já tendo realizado CCD e extração na componente de QOExp., eles apresentaram dificuldade na resolução do questionário diagnóstico, indicando falta de conhecimento consolidado sobre o conteúdo.

Na segunda parte da aula, já em laboratório, inicialmente os alunos apresentaram expressões de insegurança com relação à extração da cafeína dos medicamentos com água destilada, e posterior extração com diclorometano, mas as maiores dificuldades apresentadas pelos alunos não estavam relacionadas ao conteúdo em si, mas sim à questões técnicas e de manuseio, como sobre a eliminação de emulsões dentro do funil de separação o qual estavam as fases aquosa e orgânica, a aplicação das amostras sobre a fase fixa com o auxílio do capilar, a submersão da placa cromatográfica na solução reveladora, e a identificação do ponto de demarcação dos Rf das manchas reveladas. A busca dos alunos para superar essas dificuldades, aprender com seus erros e reestruturar suas ideias refletem seu caráter investigativo, conforme destacado por Cruz *et al.* (2016) em sua abordagem experimental e lúdica de química forense. Durante o desenvolvimento da atividade, algumas questões foram sanadas, por exemplo, a formação das emulsões no funil de extração se dá pela diferença de polaridade entre a água e o diclorometano, assim, as forças intermoleculares entre as partículas de diclorometano formam as emulsões da fase orgânica.

Pela comparação do Rf obtido pela cafeína extraída da Neosaldina®, com o Rf da cafeína extraída do Torsilax®, com o Rf da cafeína previamente extraída da erva mate em uma aula de QOExp., foi possível os alunos verificarem a presença da cafeína nas amostras de medicamentos. A partir da atividade experimental, foi discutida a influência das forças intermoleculares no comportamento da matéria. A Figura 16 apresenta os cromatogramas obtidos pelos dois grupos de alunos na turma de QOExp. Da esquerda para a direita, a

primeira mancha foi obtida pela cafeína, sem purificação, previamente extraída da erva-mate, a mancha obtida pela cafeína extraída da Neosaldina® e a extraída do Torsilax®. Entre os pontos de aplicação da cafeína da erva-mate e a da cafeína da Neosaldina® foi aplicado um padrão de cafeína pura, porém não ocorreu a eluição desta, possivelmente por se apresentar na forma de sal, uma forma mais difícil de eluir.

**Figura 16** — Cromatogramas obtidos na turma de QOExp.



Fonte: Autor (2023)

#### 4.3 Revelação de impressões digitais com iodo

Durante a introdução teórica do experimento de revelação de impressão digital com iodo foi possível contextualizar os conteúdos de polaridade e forças intermoleculares, demonstrando as ligações de hidrogênio e dipolo-dipolo entre a água presente nas impressões digitais, e o negro-de-fumo presente nos pós pretos usados para revelação. Nesse momento, as expressões faciais das alunas presentes passaram de confusas para curiosas. Ao longo da aula, algumas questões foram levantadas pelos alunos, como sobre quanto tempo uma impressão digital fica em uma superfície, se o luminol pode ser utilizado para identificar impressões digitais, e porque em alguns filmes os peritos criminais apagam as luzes para procurar vestígios no local do crime. Essas questões levantadas pelos alunos indicam uma predisposição para relacionar os novos conhecimentos com informações já presentes em suas

estruturas cognitivas, ou subsunçores, alguns destes adquiridos por meio de mídias, como filmes e séries investigativas.

Após descrever as técnicas de revelação de impressões digitais, algumas envolvendo o fenômeno de adsorção e outras reações químicas, foi feita a revelação de impressões digitais com iodo. A experimentação adotada, embora seja demonstrativa e exija pouca participação ativa dos alunos, despertou o interesse destes. Alguns indícios desse interesse foi o fato dos alunos pedirem para repetir o experimento pois algumas impressões digitais ficaram com coloração fraca, o tempo que elas ficaram tirando foto das impressões digitais, a procura pelo delta e por pontos característicos das suas impressões digitais, e também um comentário sobre como seria legal a revelação utilizando a técnica do pó.

Ao ser questionado sobre por que as impressões digitais reveladas com iodo sumirem rápido, o professor-pesquisador pôde correlacionar os conceitos de molécula apolar, força dipolo induzido, e de sublimação, com a atividade experimental realizada. Os questionamentos sobre o uso do luminol e sobre os peritos criminais buscando evidências no escuro, ambos fatos envolvendo a utilização de luz UV, e o comentário sobre como seria legal a revelação com a técnica do pó, indicam um entusiasmo dos alunos em aulas experimentais de Química que envolvem fenômenos visuais.

A revelação de impressões digitais com vapor de iodo também foi realizada na turma de QOExp., ao fim do terceiro encontro, após a discussão da situação-problema, despertando o interesse dos alunos e possibilitando a visualização, na prática, das forças intermoleculares, assim como verificado por Brito *et al.* (2010), que aplicou a revelação de impressões digitais com iodo e extração de DNA no terceiro ano do ensino médio, sendo que 85% de seus discentes preferiram a revelação de impressões digitais e descreveram a técnica do iodo como “interessante e diferente”. A Figura 17 apresenta um registro das impressões digitais reveladas com iodo.

**Figura 17** — Impressões digitais reveladas com iodo



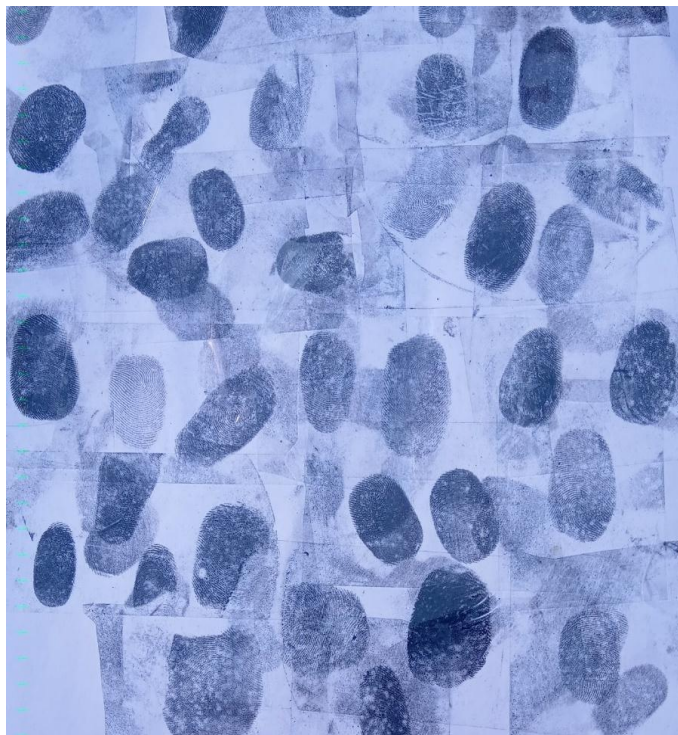
Fonte: Autor (2023)

#### **4.4 Revelação de impressões digitais com pó**

Essa técnica foi aplicada na turma de QG2, ao fim do terceiro encontro, após a discussão sobre a situação-problema. No momento da revelação das impressões digitais com pó as alunas demonstraram grande surpresa e interesse. A atividade gerou sessões de fotos das impressões digitais e de busca por pontos característicos de suas impressões digitais.

O autor desta pesquisa teve a oportunidade de apresentar sobre revelação de impressões digitais com pó e com vapor de iodo na 2ª Feira das Profissões da Unipampa Campus Bagé, para alunos do ensino básico, entre o 9º ano do ensino fundamental ao 3º ano do ensino médio de diversas escolas de Bagé, RS. Durante a atividade os alunos fizeram conexão do experimento com as séries investigativas CSI e NCIS Los Angeles, assim como com livros e séries do Sherlock Holmes. A curiosidade e o caráter investigativo de alguns alunos foram percebidos a partir dos questionamentos realizados por eles: “*como é identificada uma pessoa após a revelação de impressões digitais*”, foi explicado a eles que é por comparação com impressões digitais de suspeitos ou pela busca no banco de dados datiloscópico. Uma aluna pediu para fazer a revelação das impressões digitais do seu próprio celular, e outra aluna do 9º ano do ensino fundamental afirmou que quer “fazer faculdade de Química para ser perita criminal”. Esses fatos foram fundamentais na verificação do interesse dos estudantes pela temática. Na figura 18 é apresentado um registro das impressões digitais reveladas com pó de carvão na 2ª Feira das Profissões da Unipampa Bagé.

**Figura 18** — Impressões digitais reveladas com pó de carvão



Fonte: Autor (2023)

#### **4.5 Avaliação de aprendizagem: A situação-problema**

Nesta etapa foram retomados os fatos do crime utilizado para a situação-problema antes da discussão das ideias propostas pelos alunos para a resolução da investigação. Assim, sendo possível identificar quais detalhes os alunos consideraram mais relevantes para a possível resolução. Foi feita uma análise subjetiva da escrita dos alunos, considerando respostas mais satisfatórias expressas em textos mais elaborados e com mais detalhes, as quais refletem dedicação e maior predisposição para aprender. Por exemplo, o Aluno F, que iniciou sua resposta da Questão 1, descrita abaixo, da seguinte forma: "Como uma perita criminal encarregada de investigar a cena do crime e o corpo encontrado na geladeira, eu levantaria várias questões [...]", é considerada propensa a se empenhar na pesquisa. Ao contrário, uma resposta mais sintetizada, como a do Aluno H: "quem é a vítima, qual a causa da morte, se há sinais de violência [...]" é considerada pouco satisfatória, pois não apresenta grande dedicação ao trabalho.

A avaliação também foi feita com base na análise da participação ativa dos alunos na discussão da situação-problema em sala de aula, à medida que estes se expressavam suas ideias e defendiam seus argumentos.

**Questão 1. [...] imagine que você é um perito criminal e encontrou o corpo no local indicado, quais as primeiras questões que você levantaria?**

A questão 1 da atividade visava avaliar o pensamento e a tomada de decisões. Nessa questão, esperava-se que os alunos apresentassem argumentos plausíveis e mais próximos do que um perito criminal faria nesse caso. Entre as principais questões levantadas, estão a análise visual de detalhes no corpo da vítima (Alunos B, C, E, I, G e H), o tempo pós-morte (Alunos C, D, E, F, G e H), o isolamento e a preservação do local (Alunos C, E, I e G). A coleta de evidências foi bastante mencionada, porém algumas respostas foram mais satisfatórias que outras, por exemplo, do Aluno F: “[...] investigar os vestígios de sangue e impressões digitais na geladeira e no carro [...]” apresentando maior reflexão em seu pensamento.

Outras questões também foram levantadas, em outras palavras, são elas: Qual a identidade da vítima? (Alunos C e H); há câmeras de segurança na área? (Alunos A e G); por que o corpo estava na geladeira? (Alunos E e F); por que não enterrar? (Aluno F); o autor do crime agiu sozinho? (Aluno F); qual a arma do crime? (Aluno F); quais as motivações do crime? (Aluno F). O Aluno A ainda mencionou a busca por vestígios de sangue para saber se o crime foi realizado no local, e o Aluno E mencionou a busca por vestígios na geladeira e na fonte de energia da geladeira, onde provavelmente há impressões digitais do autor do crime.

O Aluno J, apesar de não ter entregado a atividade escrita, participou ativamente da discussão sobre a situação-problema em aula, assim como os demais, levantando diversas questões que podem ser relevantes para a investigação. Levando em conta o perfil introspectivo desse aluno, defende-se o potencial motivador da Química Forense como tema contextualizador no ensino. Brito *et al.* (2010) também verificou a participação ativa de seus alunos “durante toda a aula”, além do “interesse crescente dos alunos por relacionarem o conhecimento teórico que adquiriram durante as aulas com as técnicas forenses”. A grande variedade de questões levantadas pelos alunos, indicam como a situação-problema foi um

material potencialmente significativo para a aprendizagem, conforme Moreira (2011) e Moreira (2012) indicam para a aprendizagem significativa.

### **Questão 2. Quais técnicas você utilizaria para identificar como a vítima morreu?**

A questão 2 tinha o propósito de identificar se os alunos fariam alguma relação entre o material de estudo e as técnicas de cromatografia (em camada delgada, gasosa e líquida) e de revelação de impressões digitais (pó e iodo) solicitadas para pesquisa, pois são técnicas que envolvem conhecimento de forças intermoleculares e estão inseridas na situação-problema. Algumas dessas técnicas foram mencionadas, como a cromatografia em camada delgada, cromatografia líquida, ou alguma cromatografia não especificada. Também a técnica do pó e a do iodo para revelação de impressões digitais, sendo que um dos alunos, o Aluno D, mencionou a técnica do pó para superfícies lisas e a do iodo para superfícies porosas. Uma resposta satisfatória foi do Aluno F, que afirma que “[...] não usaria a técnica do iodo para analisar as impressões digitais, porque ela se torna limitada quando em espaços aberto, pois o iodo viraria vapor facilmente o que atrapalha a investigação”, pois indica apropriação e reflexão sobre o material de estudo.

Além das técnicas solicitadas para pesquisa, foram mencionadas, em outras palavras, a análise visual preliminar da vítima, a fim de identificar hematomas, lesões, etc., exames toxicológicos, autópsia, exames de balística e análise espectrométrica. Apesar da menção de autópsia, exames toxicológicos e de cromatografia, poucos alunos fizeram relação entre estes, visto que técnicas cromatográficas são utilizadas em exames toxicológicos. Uma resposta satisfatória foi do Aluno D, que explica que “uma substância é extraída e [...] poderá ser detectada com o uso das técnicas de cromatografia ou espectrometria” e ainda indica a coleta de urina para análises de substâncias a curto prazo, e de cabelo para substâncias a longo prazo, indicando que, ou o aluno já possuía subsunçores significativos o suficiente para utilizar em sua resposta, ou teve o mínimo de aprofundamento na pesquisa. Algumas respostas foram pouco satisfatórias, pois não apresentaram tempo dedicado ao estudo, por exemplo, do Aluno H, “autópsia, exames toxicológicos [...]” ou do Aluno B, apenas “autópsia”. Talvez a situação-problema não tenha estimulado a motivação epistêmica, conforme Silva (2017) destaca que deve fazer.

### **3. Quais técnicas você utilizaria para identificar o(s) autor(es) do crime? Como você as aplicaria?**

Essa questão visava identificar se os alunos fariam relação das técnicas cromatográficas e de revelação de impressões digitais solicitadas para pesquisa, com a identificação da autoria do crime. Além disso, o pensamento e a tomada de decisões foram avaliados subjetivamente com base na escrita e na fala dos alunos sobre como eles aplicariam as técnicas mencionadas.

A maioria das respostas dos alunos foram relacionadas à coleta de material genético e de impressões digitais. Algumas respostas foram pouco satisfatórias, sendo reduzidas a breves menções, como a do Aluno B: “[...] DNA, digitais”, não manifestando disposição para relacionar, de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, conforme Souza (2017) destaca. Algumas respostas foram satisfatórias, pois descreveram como aplicariam as técnicas, como a do Aluno D: “análise de impressões digitais da geladeira [...] usaria o método por luz uv” e “[...] material genético sob unhas e dentes”, demonstrando pensamento mais crítico. Também satisfatória foi a resposta do Aluno F, sobre a coleta de impressões digitais usando a técnica do pó: “eu pegaria um punhado do pó negro de fumo e assopraría delicadamente sobre as superfícies e espalharia com um pincel com o máximo de delicadeza possível para o pó grudar na impressão digital, em seguida coletaria a impressão digital marcada com uma fita e mandaria para o instituto de papiloscopia analisar e comparar com as demais digitais encontradas”. Pela dedicação para descrever tal procedimento, são levadas em conta a motivação, a reflexão sobre o tema e a apropriação sobre o objeto de estudo.

Além dessas técnicas, foram mencionados o uso do luminol, documentoscopia, entomologia, raciocínio, dedução, interrogatório com vizinhos e pessoas próximas à vítima, análise de câmeras de segurança na região, comparação de substâncias encontradas no organismo da vítima com substâncias presentes na clínica clandestina. A maioria das respostas refletem o raciocínio lógico e a apropriação do conhecimento por parte dos alunos, assim como observado por Cruz *et al.* (2016), a medida que seus alunos realizaram e discutiram as técnicas de identificação de DNA e de revelação de impressões digitais para resolver uma dada situação-problema, um crime fictício.

**Questão 4. Descreva brevemente como funcionam as técnicas que você mencionou na questão anterior**

O propósito da questão era identificar se os alunos saberiam descrever as técnicas de cromatografia e de revelação de impressões digitais, abordando na sua descrição o conhecimento de polaridade e forças intermoleculares, colocando assim os conhecimentos adquiridos em prática, em situações reais ou simuladas (Sá; Queiroz, 2009, *apud* Francez, 2020). Em geral, as técnicas de cromatografia foram descritas, como sendo técnicas de separação de componentes de uma mistura, baseada na diferença de afinidade dos componentes com uma fase móvel e com uma fase estacionária. Alguns alunos destacaram a diferença entre cromatografia em camada gelada, cromatografia gasosa e líquida, outros apenas descreveram cromatografia em um termo geral. As técnicas de revelação de impressões digitais também foram brevemente descritas por alguns alunos, sendo que os Alunos A e C diferenciam as aplicações da técnica do pó e a do vapor de iodo.

A partir dessas descrições, foi possível observar a disposição dos alunos para a pesquisa, pois alunos da turma de QG2, na qual até aquele momento haviam sido abordadas apenas técnicas de revelação de impressões digitais, descreveram corretamente a cromatografia, e alunos da turma de QOExp., na qual até aquele momento tinha sido abordada apenas cromatografia, descreveram corretamente as técnicas de revelação de impressões digitais. As respostas desses alunos são consideradas satisfatórias, pois quanto maior a motivação para resolução do problema, maior o tempo dedicado à pesquisa, maior a assimilação com o conteúdo programático abordado em aula. Apenas a resposta do Aluno F foi completamente satisfatória, pois atendeu exatamente ao propósito da questão, que era incluir polaridade e/ou forças intermoleculares na resposta, pois para descrever cromatografia, foi destacado que “a polaridade [...] é um fator-chave [...], uma vez que moléculas polares tendem a interagir mais fortemente com a fase estacionária polar, enquanto moléculas apolares interagem mais com a fase móvel.”

Certas respostas foram pouco satisfatórias, por exemplo, as do Aluno H: “coleta de evidências: coletando evidências físicas como digitais, amostras de DNA, marca de calçados [...]” e “entrevistas e interrogatórios: entrevistar testemunhas, suspeitos [...]”. Respostas similares a essas obviamente não demandam pesquisa alguma, nem abordam o conhecimento químico estudado.

Houve respostas parcialmente satisfatórias, como a do Aluno I, que apesar de não atender a expectativa de abordar o conhecimento de química em sua resposta, descreveu brevemente como ocorre a coleta e análise pericial de DNA, de impressões digitais, de fibras e cabelos, de documentos, além de definir entomologia, destacando fatores que auxiliam na investigação, como "o ciclo de vida dos insetos, localização geográfica, fatores ambientais". Levando em conta que ninguém assinalou a opção "entomologia" na Questão 6 do questionário diagnóstico, tal resposta indica certo tempo de pesquisa e reflexão sobre o tema.

**Questão 5. Em qual(is) técnica(s), elencadas por você na questão 4, o conhecimento de polaridade e forças intermoleculares se encaixam na investigação descrita?**

Essa questão visava verificar se os alunos sabiam identificar o conhecimento de polaridade e forças intermoleculares nas técnicas descritas anteriormente. A expectativa era que os alunos tivessem descrito cromatografia e as técnicas do pó e do iodo nas questões anteriores, e as mencionasse nessa questão. Algumas respostas foram satisfatórias, pois indicaram que foi feita uma relação entre o conteúdo e a situação-problema. Por exemplo, do Aluno F sobre a técnica do pó: "Moléculas polares têm uma distribuição desigual de elétrons, resultando em cargas parciais, enquanto moléculas apolares possuem uma distribuição uniforme de elétrons. Essa polaridade é fundamental para entender as forças intermoleculares, como ligações de hidrogênio e dipolo-dipolo, que desempenham um papel crucial na aderência do pó nas impressões digitais". E sobre cromatografia: "as forças intermoleculares desempenham um papel fundamental na separação das substâncias. Moléculas polares interagem principalmente por meio de forças intermoleculares, como ligações de hidrogênio e dipolo-dipolo, com a fase estacionária polar. Isso retarda sua movimentação pela coluna cromatográfica. Por outro lado, moléculas apolares interagem menos com a fase estacionária e são mais facilmente transportadas pela fase móvel, resultando em uma separação eficaz com base nas diferenças de forças intermoleculares".

Algumas respostas foram parcialmente satisfatórias, como a do Aluno I, que na questão 4 escreveu sobre exames de DNA, coleta de impressões digitais, análise de fibras e cabelos, documentoscopia e entomologia forense, e afirmou corretamente na questão 5 que os conhecimentos de polaridade e forças intermoleculares estão relacionados à exames de DNA,

impressões digitais e análise de fibras e cabelos. Visto que há pontes de hidrogênio nas fitas de DNA, nos fios de cabelo e entre a impressão digital e o pó revelador, a afirmação está correta.

Algumas respostas pouco satisfatórias não manifestam reflexão sobre o conteúdo abordado e a situação-problema. Por exemplo, o Aluno B, que apesar de demonstrar grande interesse na temática Química Forense e ter solicitado ao professor-pesquisador materiais para a realização da atividade, não fez relação do conteúdo químico abordado em aula com as técnicas solicitadas, definindo polaridade como “[...] separação de cargas elétricas positivas e negativas quando um material é submetido a um campo elétrico”, e afirmando que “o DNA não tem uma polaridade elétrica intrínseca [...]”. Nesse caso, o Aluno B tem interesse no tema, e teve motivação para pesquisar, mas não possuía conhecimentos prévios significativos para argumentar sobre o assunto, por isso sua resposta evasiva. Assim como relatado por Souza (2017), apesar de todos alunos compreenderem as explicações do professor, estes possuem comportamentos diferenciados com relação à compreensão do conteúdo, sendo necessárias novas explicações para alguns alunos relacionarem de forma significativa os novos conhecimentos e os preexistentes.

**Questão 6. Levando em conta que o principal suspeito foi preso, mas liberado por falta de um mandado de prisão, argumente sobre o papel da perícia para o fornecimento de provas na investigação.**

Por meio dessa questão, os alunos deveriam argumentar sobre a importância da perícia em uma investigação criminal, oportunizando a percepção da relação entre o conhecimento químico, os experimentos realizados em aula, e situações reais da sociedade, nesse caso, uma situação criminal. Em geral, todas as respostas foram satisfatórias, pois argumentaram sobre o papel da perícia para o levantamento de provas para a investigação.

No caso Adonias, até então as provas científicas levantadas não foram suficientes para vincular o principal suspeito ao crime, sendo necessária uma série de testes para “estabelecer uma base sólida para acusação ou exoneração” do suspeito, defende o Aluno F. A perícia tem papel fundamental “na validação de evidências, na especificidade na identificação, na reconstrução de eventos, na identificação de possíveis vítimas e autores do crime” segundo o Aluno I. Além disso, segundo o Aluno D, “quanto mais provas fornecidas, ou a ausência

delas, indicada pela perícia, deve-se garantir uma decisão condizente com o que ocorreu de fato ao julgar o suspeito”.

Pela análise das respostas da questão 6, foi identificado o caráter ético dos alunos, assim como identificado por Silva (2017) em sua aplicação da metodologia ABP, visto que os alunos buscaram informações consideradas adequadas para a resolução do problema, e argumentaram sobre o uso dessas informações para a garantia da verdade.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos no decorrer das etapas do presente trabalho, pode-se considerar que a articulação entre diferentes metodologias ativas no ensino apresentou resultados satisfatórios, não só relacionados à aprendizagem do conteúdo, mas também ao desenvolvimento de habilidades fundamentais para todo cidadão, todo aluno, todo professor, todo perito criminal, e para todo cientista.

A aplicação das atividades experimentais despertou a curiosidade, a motivação para a aprendizagem e o caráter investigativo na maioria dos alunos. A partir dos experimentos, os alunos puderam levantar hipóteses, bem como, fazer relações entre os fenômenos observados e os conceitos de polaridade e forças intermoleculares destacados na abordagem teórica. As diversas fotos tiradas das impressões digitais refletem um interesse dos alunos em experimentos que envolvam fenômenos visuais.

A utilização de uma situação-problema para nortear a construção do conhecimento favoreceu a autonomia dos alunos, pois eles realizaram questionamentos, argumentaram e realizaram pesquisas de forma autônoma, a fim de sanar suas próprias dúvidas, tornando-se ativos em suas construções de saberes. Pela aplicação de uma situação-problema, além de construir conhecimento, é possível construir o caráter social, ético e moral em cada indivíduo, visto que pode ser inserido o conhecimento científico em discussões relevantes para a sociedade. A escolha da temática favoreceu a ativação de subsunçores significativos nas estruturas cognitivas dos alunos, permitindo que estes fizessem relações entre os conteúdos abordados em aula com filmes e séries investigativas, com suas possíveis vivências pessoais e com demais situações em que os conhecimentos de química possam estar inseridos.

Portanto, a contextualização do conteúdo abordado com o tema Química Forense apresentou resultados satisfatórios em relação à construção do conhecimento e ao desenvolvimento de habilidades pelo público-alvo envolvido na pesquisa. A participação ativa e a predisposição dos discentes para a aprendizagem também foi favorecida, tanto na etapa de aplicação das atividades experimentais, quanto na etapa de aplicação da situação-problema.

## 6 REFERÊNCIAS

- ALBINO, S. M. **Determinação de cafeína em bebidas, alimentos e medicamentos utilizando um smartphone e um aplicativo como tema gerador de ensino**. 2020. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.
- BOROCHOVICIUS, E.; TORTELLA, J. C. D. Aprendizagem Baseada em Problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. **Ensaio: avaliação e política públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 83, p. 263-294, abr./jun. 2014.
- BRITO, L. C. D. C. *et al.*. A Química Forense como unidade temática para o desenvolvimento de uma abordagem de Ensino CTS em Química Orgânica. Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química (ED/SBQ). Instituto de Química da Universidade de Brasília (IQ/UnB). **XV Encontro Nacional de Ensino de Química**, Brasília, 21-24 jul. 2010.
- BRONDANI, P. F. **Cromatografia em camada delgada**. 2019. Disponível em: <https://patyqmc.paginas.ufsc.br/files/2019/07/Cromatografia-de-Camada-Delgada.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2023.
- CAMARGOS, A. C. D. F. **Química Forense**: análise de substâncias apreendidas. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Química Bacharelado) – Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2018.
- CHEMELLO, E. Associação Brasileira de Peritos Papiloscopistas (ASBRAPP). **Ciência Forense**: impressões digitais. 2006. Disponível em: <https://www.asbrapp.org.br/component/content/article/15-artigos-cientificos/24-o-que-e>. Acesso em: 28 jul. 2023.
- CORDEIRO, J. D. A. *et al.* **Using Forensics to teach the Natural Sciences and raise student consciousness about gender-based social issues**. ISSN 2359-4381. DOI: <https://doi.org/10.33871/23594381.2022.20.2.37-53>. 2022. Disponível em: <https://periodicos.unespar.edu.br/index.php/ensinoepesquisa/article/view/6872/5014>. Acesso em: 28 jul. 2023.
- CRUZ, A. A. C. *et al.* A ciência forense no ensino de química por meio da experimentação investigativa e lúdica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 382, p. 167-172, maio 2016. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38\\_2/11-RSA-53-14.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38_2/11-RSA-53-14.pdf). Acesso em: 27 jul. 2023.
- DEGANI, A. L. G.; CASS, Q. S.; VIEIRA, P.C. Cromatografia: um breve ensaio. **Química Nova na Escola**, n. 7, maio 1998. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc07/atual.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2023.
- DELFINO, A. D. **“QUEM MATOU MARIA?”**: desenvolvimento de Argumentos Científicos a partir de Técnicas Experimentais de Química Forense. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Química Licenciatura) – Universidade Federal da Paraíba Campus II, Areia, 2018.

DIAS, R. R. **Uso de casos investigativos na aprendizagem química em tempos de pós pandemia**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Química Licenciatura) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2022.

DIAS, W. F.; PINHEIRO, V. S.; PAIVA, T. M. R. Vapor de iodo na identificação de impressões digitais. **10º Encontro de Tecnologia**, 28 nov.-3 dez. 2016. Disponível em: <https://uniube.br/eventos/entec/2016/arquivos/aprovados/67.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2023.

FARIAS, R. F. D. **Introdução a Química Forense**. 2. ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2008.

FONSECA, M. R. M. D. **Química**. Martha Reis Marques da Fonseca. 1. ed. São Paulo: Ática, 2013.

FRANCEZ, C. C. **Química Forense e experimentação investigativa**: Uma proposta inovadora para as aulas de química no ensino médio. 2020. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2020.

FRIESEN, J. B. Forensic Chemistry: The Revelation of Latent Fingerprints. **Journal of Chemical Education**, v. 92, p. 497-504. 8 out. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed400597u>. Acesso em: 28 jul. 2023.

GARCIA, M. **Química Forense**: Metodologias analíticas na investigação de crimes. 2015. Trabalho de Conclusão (Química) – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis, 2015.

GONÇALVES, S. T.; DA SILVA, S. T. A utilização de conhecimentos forenses para o ensino de química. **Anais VI CONEDU**, Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/58859>. Acesso em: 28 jul. 2023.

GUERREIRO, I. L.; SAMPAIO, C. D. G. Papiloscopia forense e revelação de impressões digitais na cena de um crime: uma ferramenta para o ensino de química com enfoque CTS. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 9, p. 01-16, 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5606/560662200003/560662200003.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2023.

KAZIENKO, J. F. **Assinatura Digital de Documentos Eletrônicos Através da Impressão Digital**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

LISBOA, J. C. F. *et al.* **Ser Protagonista**: Química. 1. ano. 2. ed. São Paulo: Edições SM. Lia Monguilhott Bezerra, 2016.

MANAUS. Secretaria de Estado de Segurança Pública. Departamento de Polícia Técnico-Científica. Instituto de Identificação Aderson Conceição de Melo. **Manual de Procedimentos**: Papiloscopia e identificação civil. 2015. Disponível em:

<https://irp-cdn.multiscreensite.com/63a687e5/files/uploaded/8082d76378dc367bceb215438f4aa398.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2023.

MARIANO, C. M. **O método datiloscópico de vucetich e sua importância na prática forense**. Faculdade de Direito, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

MONTEIRO, A. C. B. *et al.* **Extração e quantificação de Cafeína em alimentos utilizando a técnica de Cromatografia em Camada Delgada**. Centro Universitário Amparense, 2018. Disponível em: [https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/4cromatografia\\_de\\_camada\\_delgada.pdf](https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/4cromatografia_de_camada_delgada.pdf). Acesso em: 30 jul. 2023.

MOREIRA, C. C. C. **Identificação de cafeína em Saridom® por cromatografia em camada delgada (CCD): uma abordagem para o ensino de química aplicado à toxicologia**. 2015. Monografia de Graduação (Ensino de Química) – Universidade de Brasília, Instituto de Química, Brasília, Distrito Federal, 2015.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: Um conceito subjacente. **Revista Meaningful Learning Review**, v. 1, p. 25-46, 2011. Disponível em: [https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe\\_Goulart/Material\\_de\\_Apoio/Referencial%20Teorico%20-%20Artigos/Aprendizagem%20Significativa.pdf](https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe_Goulart/Material_de_Apoio/Referencial%20Teorico%20-%20Artigos/Aprendizagem%20Significativa.pdf). Acesso em: 06 nov. 2023.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?**. 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2023.

NOBREGA, F. **Falso médico suspeito de matar homem e esconder corpo em geladeira em Pernambuco é preso em SP**: A prisão do falso médico aconteceu após a Justiça de Pernambuco expedir um mandado de prisão preventiva contra ele. 2023. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/noticias/falso-medico-suspeito-de-matar-homem-e-esconder-corpo-em-geladeira-em/258049>. Acesso em: 15 set. 2023.

OLIVEIRA, D. F. D.; SOARES, E. C. **Química Forense**: Uma abordagem teórica, lúdica e experimental para o Ensino de Química. 2020. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2020.

OLIVEIRA, R. D.; FERRAREZI, J. G. Q. **A importância da química forense na investigação criminal**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Química Industrial) – Universidade Paranaense, 2021.

PACHECO, M. V. D. S. **Química Forense como estratégia para motivação do processo de ensino aprendizagem de Química**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Química Licenciatura) – Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2021.

PEREIRA, C. B. C. **A utilização da química forense na investigação criminal**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Química Industrial) – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis, 2010.

POLETTTO, M. A ciência forense como metodologia ativa no ensino de ciências. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 8, p. 88-100, 2017. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/696/665>. Acesso em 29 jul. 2023.

PORTAL G1. **Corpo de jovem desaparecido é encontrado em estado de decomposição dentro de geladeira no Sertão**. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2022/11/04/corpo-de-jovem-desaparecido-e-encontrado-em-estado-de-decomposicao-dentro-de-geladeira-no-sertao.ghhtml>. Acesso em: 15 set. 2023.

RAMOS, D. K.; RIBEIRO, F. L.; ANASTÁCIO, B. S.; DA SILVA, G. A. Elaboração de questionários: algumas contribuições. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 3, 2019. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/828/713>. Acesso em: 28 jul. 2023.

ROCHA, C. **Suspeito de matar paraibano e colocar corpo em geladeira é preso, mas liberado: As informações foram dadas pela família da vítima**. 2023. Disponível em: <https://www.portalt5.com.br/noticias/single/nid/suspeito-de-matar-paraibano-e-colocar-corpo-em-geladeira-e-preso-mas-liberado>. Acesso em: 15 set. 2023.

SANTOS, W.; MÓL, G. **Química Cidadã**. v. 1. 2. ed. São Paulo: Editora AJS, 2016.

SCHÄNZER, W. **Dünnschicht-Chromatographie von Coffein**. 2000. Disponível em: <https://www.dshs-koeln.de/fileadmin/redaktion/Institute/Biochemie/PDF/Duennschichtchromatographie-Coffein.pdf>. Acesso em: 18 set. 2023.

SEABRA, A D. C.; RIBEIRO, J. C. **Aplicação da química forense no ensino de química orgânica para alunos do ensino médio articulada a aprendizagem baseada em problema (ABP)**. Vila Velha: Edifes Acadêmico, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/3028/9788582636527.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 jul. 2023.

SEBASTIANY, A. P. *et al.* A utilização da ciência forense e da investigação criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos. **Educación Química**, v. 24, n. 1, p. 49-56, 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/262430575\\_A\\_utilizacao\\_da\\_Ciencia\\_Forense\\_e\\_da\\_Investigacao\\_Criminal\\_como\\_estrategia\\_didatica\\_na\\_compreensao\\_de\\_conceitos\\_cientificos](https://www.researchgate.net/publication/262430575_A_utilizacao_da_Ciencia_Forense_e_da_Investigacao_Criminal_como_estrategia_didatica_na_compreensao_de_conceitos_cientificos). Acesso em: 28 jul. 2023.

SEJER, D. **Let's talk about TLCs Part 3 - Phosphomolybdic Acid (PMA) Stain**. Curry Narrow Blogspot. 25 mar. 2008. Disponível em: <https://curlyarrow.blogspot.com/2008/03/lets-talk-about-tlcs-part-3.html?m=1>. Acesso em: 27 set. 2023.

SILVA, I. M. D. **A aprendizagem baseada em problemas: uma análise da implementação na disciplina de tecnologia da informação e comunicação no ensino de Química**. 2017. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

SOUZA, A. K. R. D. **Uso da química forense como ferramenta de ensino através da Aprendizagem Significativa**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SOUZA, S. C. D. **Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP):** Um método transdisciplinar de aprendizagem para o ensino educativo. *Holos*, v. 5, p. 182-200, 2015. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2880>. Acesso em: 30 jul. 2023.

TRINDADE, I. T. M. *et al.* Aprendendo química no ensino médio através da separação de pigmentos por cromatografia em camada delgada. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n. 1, p. 3008-3018, jan. 2021.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A — Questionário diagnóstico

#### QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO PARA PESQUISA DE TCC

Alisson Barros y Silva

Química Licenciatura

([alissony.aluno@unipampa.edu.br](mailto:alissony.aluno@unipampa.edu.br))

Matrícula:

Componente curricular:

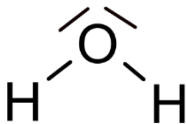
1. Relacione as colunas:

- A. Molécula polar
- B. Molécula apolar
- C. Dipolo induzido
- D. Dipolo permanente
- E. Ligação de hidrogênio

- ( ) Seus elétrons de valência se distribuem simetricamente
- ( ) Interação de fraca intensidade em moléculas apolares, em que ocorre a formação momentânea de dipolos carregados
- ( ) Interação de forte intensidade, onde os pólos negativos são átomos de flúor, oxigênio ou nitrogênio
- ( ) Seus elétrons de valência se distribuem assimetricamente
- ( ) Interação de média intensidade em moléculas polares, devido atração eletrostática entre dipolo positivo de uma molécula e o dipolo negativo de outra

2. Sobre a molécula de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), é correto afirmar que:

Estrutura molecular da água



Fonte: Wikipédia

- A. ( ) É apolar, pois seus elétrons de valência se distribuem simetricamente em cada átomo de hidrogênio e de oxigênio
- B. ( ) É apolar, pois seus elétrons de valência se concentram mais no átomo de oxigênio
- C. ( ) É polar, pois seus elétrons de valência se concentram mais no átomo de oxigênio
- D. ( ) É polar, pois seus elétrons de valência se concentram mais nos átomos de hidrogênio

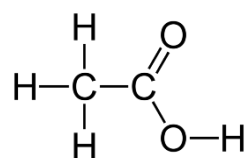
3. Sobre a intensidade de interação das forças intermoleculares, é correto afirmar que:

- A. ☐ dipolo permanente < dipolo induzido < ligações de hidrogênio
- B. ☐ dipolo induzido < dipolo permanente < ligações de hidrogênio
- C. ☐ ligações de hidrogênio < dipolo induzido < dipolo permanente
- D. ☐ ligações de hidrogênio < dipolo permanente

4. Questão adaptada do livro de Química Ser Protagonista, vol 1 (2016):

4.a) O vinagre é formado por uma mistura contendo, aproximadamente, 5% de ácido acético em água.

Estrutura molecular do ácido acético



Fonte: Wikipédia

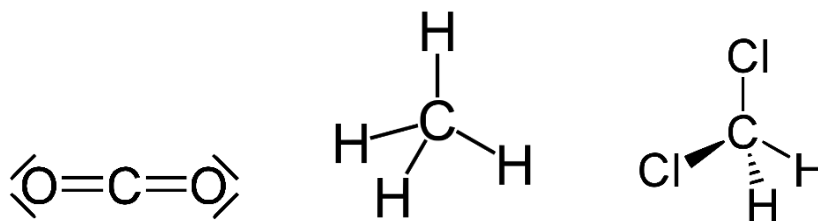
4.b) Qual tipo de interação intermolecular ocorre entre o ácido acético e a água?

- A. ☐ dipolo-dipolo induzido
- B. ☐ dipolo-dipolo
- C. ☐ ligações de hidrogênio

5. Questão adaptada do livro Química 1 (Martha Reis, 2013)

Assinale a alternativa que caracteriza, respectivamente, a polaridade das substâncias dióxido de carbono, metano e diclorometano, respectivamente, conforme figura abaixo.

Estruturas moleculares do dióxido de carbono, metano e diclorometano



Fonte: Wikipédia

- A. ☐ apolar – apolar – apolar
- B. ☐ apolar – apolar – polar
- C. ☐ polar – apolar – polar
- D. ☐ polar – polar – polar
- E. ☐ apolar – polar – polar

6. Indique quais aplicações/técnicas da Ciência Forense você já ouviu falar.

- A. ☐ Revelação de impressões digitais
- B. ☐ Revelação de manchas de sangue
- C. ☐ Balística
- D. ☐ Documentoscopia
- E. ☐ Cromatografia em camada delgada
- F. ☐ Entomologia forense
- G. ☐ Reagente de kastle-meyer
- H. ☐ Análise de DNA
- I. ☐ outra: \_\_\_\_\_

7. Caso tenha marcado alguma(s) técnica(s) na questão 6, escreva brevemente sobre a(s) que você conhece:

## APÊNDICE B — Roteiro CCD

### ROTEIRO CROMATOGRAFIA EM CAMADA DELGADA: ANÁLISE QUALITATIVA DA CAFEÍNA EM COMPRIMIDOS

COMPONENTE CURRICULAR: QUÍMICA ORGÂNICA EXPERIMENTAL

ALISSON BARROS Y SILVA ([alissony.aluno@unipampa.edu.br](mailto:alissony.aluno@unipampa.edu.br))

#### Amostras:

- Neosaldina®
- Torsilax®

#### Solventes:

- Água destilada
- Diclorometano
- Mistura acetato de etila (56,5 mL), etanol (7 mL) e hidróxido de amônio (3,5 mL)
- Ácido Fosfomolibdico 10% em etanol

#### Materiais:

- 4 béqueres 50 mL
- 2 béqueres 250 mL
- 2 almofarizes e pistilo
- 2 funis de extração
- 2 balões volumétricos de 10 mL
- capilar
- 4 pinças
- 2 vidros relógios
- 2 placas de sílica 5x5cm

#### Procedimento

- Triturar o comprimido com almofariz e pistilo, e em seguida solubilizar em 10 mL de água destilada
- Transferir a solução para um funil de separação e extrair com 4 mL de diclorometano
- Repetir a extração mais 2x com 3 mL de diclorometano
- Transferir a fase orgânica para um balão volumétrico de 10 mL de completar com diclorometano
- Saturar a cuba cromatográfica com uma solução previamente preparada de 59,5 mL de acetato de etila, 7 mL de etanol e 3,5 mL de hidróxido de amônio
- Medir e cortar uma placa de sílica 5x5 cm e fazer margens de 1,0 cm borda inferior e 0,5 cm borda superior

- Com o auxílio de um capilar, aplicar as amostras de solução de cafeína extraída dos comprimidos e a solução padrão de cafeína na margem de 1,0 cm da borda inferior da placa
- Introduzir a placa cromatográfica com a margem de 1,0 cm na cuba, levemente inclinada na parede da cuba
- Fechar a cuba novamente com vidro relógio, esperar a eluição
- Quando a eluição alcançar a margem superior, retirar a placa e esperar secar
- Mergulhar a placa cromatográfica seca em solução de ácido fosfomolibdico 10% em etanol à quente
- Colocar a placa na chapa de aquecimento e esperar a revelação
- Calcular o Rf de cada mancha

#### Referências

SCHÄNZER, W. **Dünnschicht-Chromatographie von Coffein**. Deutsche Sporthochschule Köln. 28 set. 2000. Disponível em: <https://www.dshs-koeln.de/fileadmin/redaktion/Institute/Biochemie/PDF/Duennschichtchromatographie-Coffein.pdf> Acesso em: 18 set. 2023;

SEJER, D. **Let's talk about TLCs Part 3 - Phosphomolybdic Acid (PMA) Stain**. Curry Narrow Blogspot. 25 mar. 2008. Disponível em: <https://curlyarrow.blogspot.com/2008/03/lets-talk-about-tlcs-part-3.html?m=1> Acesso em: 27 set. 2023;

## APÊNDICE C — Plano de aula CCD

PLANO DE AULA: CROMATOGRAFIA EM CAMADA DELGADA: ANÁLISE  
QUALITATIVA DE CAFEÍNA EM COMPRIMIDOS  
COMPONENTE CURRICULAR: QUÍMICA ORGÂNICA EXPERIMENTAL  
ALISSON BARROS Y SILVA (alissony.aluno@unipampa.edu.br)

### Conteúdos

- Polaridade
- Forças intermoleculares

### Objetivos

- Avaliar os conhecimentos prévios de polaridade, forças intermoleculares e sua influência no comportamento da matéria
- Verificar como a química forense como tema contextualizador pode ser motivador e facilitador da aprendizagem
- Favorecer a aprendizagem por experimentação, através da análise qualitativa de cafeína por cromatografia em camada delgada

### Materiais e métodos

Aula expositiva e experimental roteirizada

Medicamentos:

- Neosaldina®
- Torsilax®

Solventes:

- Diclorometano
- Água destilada
- Mistura de acetato de etila (56,5 mL), Etanol (7 mL) e Hidróxido de amônio (3,5 mL)
- 4 béqueres 50 mL
- 2 béqueres 250 mL
- 2 almofarizes e pistilo
- 2 funis de extração
- 2 balões volumétricos de 10 mL
- capilar
- 4 pinças
- 2 vidros relógios
- 2 placas de sílica 5x5cm

## **Introdução**

Primeiramente, realizar uma abordagem teórica do conteúdo:

Polaridade:

Está relacionada a diferença de eletronegatividade entre os átomos da molécula e a geometria dela. Se não há diferença de eletronegatividade entre os átomos, a molécula é apolar. Se houver diferença de eletronegatividade, pode ser apolar ou polar, dependendo da geometria. A presença de um átomo mais eletronegativo aumenta a densidade eletrônica em uma região da molécula, resultando em um dipolo parcialmente negativo e outro parcialmente positivo.

Dipolo induzido:

São forças de fraca intensidade que ocorrem em moléculas apolares quando se aproximam de outras moléculas. Quando há aproximação entre moléculas, seus elétrons de valência sofrem influência dos núcleos dos átomos das moléculas vizinhas, e se acumulam em uma região da molécula, induzindo a formação momentânea de um dipolo parcialmente negativo e um dipolo parcialmente positivo.

Dipolo permanente:

São forças de intensidade média e ocorrem em moléculas polares. A diferença de eletronegatividade entre os átomos da molécula, faz com que a distribuição de elétrons seja assimétrica, assim, a região com maior densidade eletrônica é o dipolo parcialmente negativo e a região desprovida de elétrons é o dipolo parcialmente positivo.

Ligações de hidrogênio:

São forças de alta intensidade, em que o dipolo positivo é um átomo de hidrogênio, e o dipolo negativo é um átomo de flúor, de oxigênio ou de nitrogênio.

Íon-dipolo:

Força intermolecular de maior intensidade, ocorre entre um íon e o dipolo de uma molécula. Se o íon for um cátion (positivo), este interage com o dipolo negativo da molécula vizinha. Se o íon for um ânion (negativo), interage com o dipolo positivo da molécula vizinha.

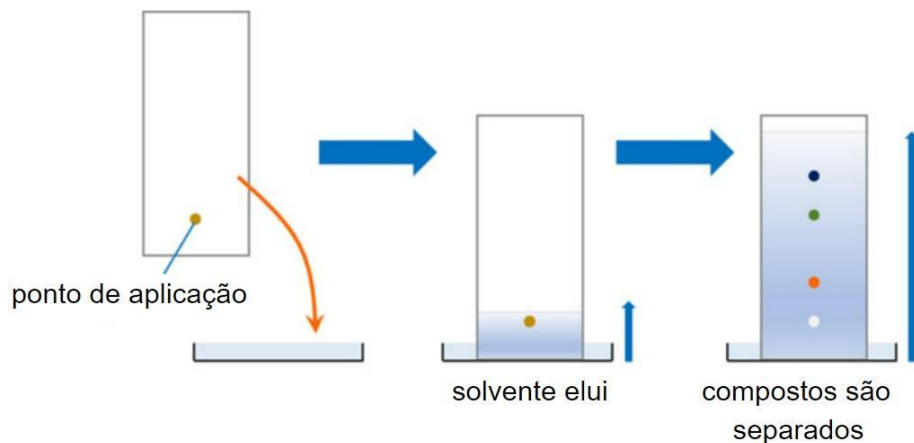
Cromatografia em camada delgada:

É uma técnica de adsorção líquido-sólido, que permite a identificação de substâncias, a separação de componentes de uma mistura e a verificação de pureza, além de outras funções.

A substância ou mistura a ser analisada é aplicada em uma placa com uma camada de sílica ou alumina (muito polares), em uma margem em cerca de 1 cm da extremidade. A placa é colocada em uma cuba de vidro, previamente saturada com um solvente ou mistura de

solventes voláteis apropriados. O solvente começa a eluir sobre a placa cromatográfica por capilaridade.

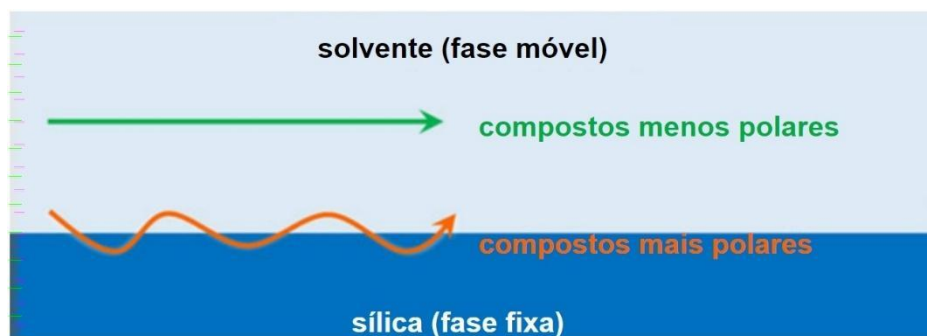
Figura: Esquema da CCD



Fonte: Autor (2023)

Os componentes menos polares, tem maior afinidade com a fase móvel, e percorrem maiores distâncias. Os componentes mais polares, tem maior afinidade com a fase fixa, ficando adsorvidos sobre esta, ou seja, ficam retidos na superfície. A afinidade é baseada no grau de polaridade e intensidade das forças intermoleculares da amostra com a fase fixa e com a fase móvel. As forças intermoleculares mais intensas ocorrem entre os componentes mais polares com a fase fixa, por isso tem maior adsorção.

Figura: Relação entre polaridade dos componentes, da fase móvel e do solvente



Fonte: Autor (2023)

O fator de retenção ( $R_f$ ):

Utilizado como parâmetro para identificação de substâncias, dado pela fórmula:

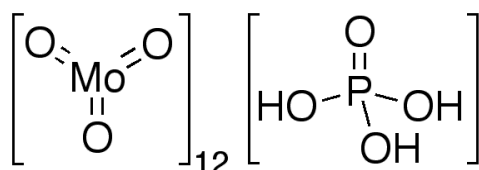
$$R_f = d_c/d_s$$

dc=distância percorrida pelo componente

ds=distância percorrida pelo solvente

Após a eluição completa do solvente, deve ser adotado algum método de revelação das manchas. O método de revelação adotado nessa prática é o do ácido fosfomolibdico, pois apresentou melhores resultados experimentais para revelação da cafeína. A placa CCD, já seca, deve ser mergulhada em uma solução de ácido fosfomolibdico com 10% de etanol, e colocada sob aquecimento no agitador magnético. O ácido fosfomolibdico oxida compostos orgânicos devido a presença das hidroxilas do grupo fosfato em sua estrutura molecular.

Figura: ácido fosfomolibdico



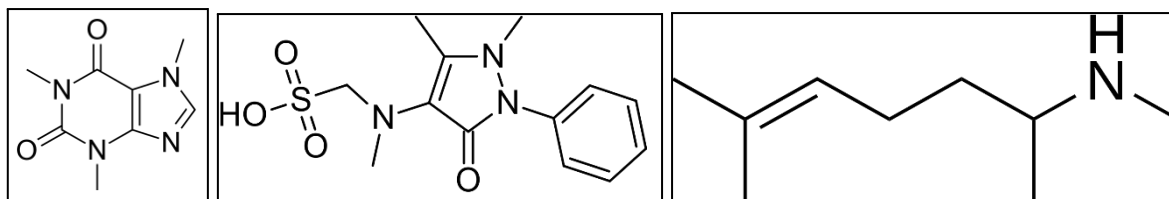
Fonte: Wikipédia

Após resumir o princípio de funcionamento da cromatografia em camada delgada, são mencionados medicamentos utilizados, seus componentes e o propósito da aplicação da técnica. Será feita a análise qualitativa de cafeína presente nos medicamentos Neosaldina® e Torsilax®, os quais têm as seguintes composições:

Neosaldina®:

Dipirona 300mg, mucato de isometepto 30mg e cafeína 30mg;

Figuras: Estruturas moleculares da cafeína, dipirona e mucato de isometepto, respectivamente

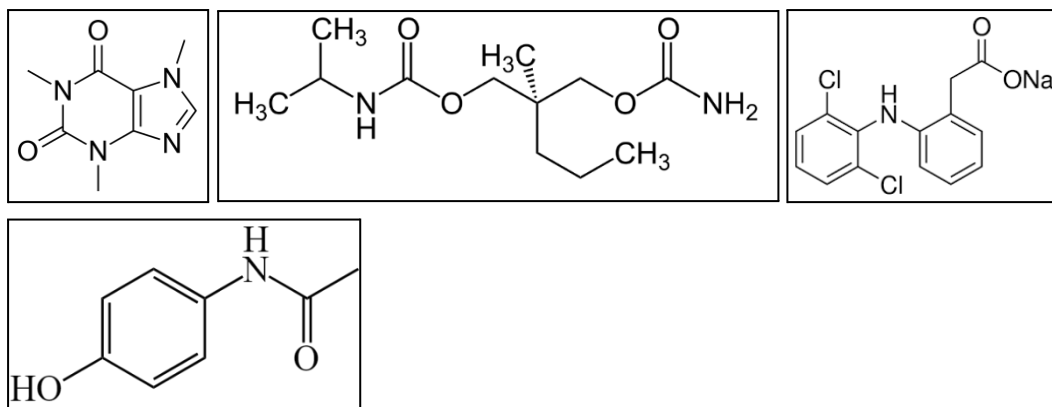


Fonte: Wikipédia

Torsilax®:

Cafeína 30mg, carisoprodol 125mg, diclofenaco sódico 50mg e paracetamol 300mg.

Figuras: Estrutura molecular da cafeína, do carisoprodol, diclofenaco sódico e paracetamol, respectivamente



Fonte: Wikipédia

A partir da comparação do  $R_f$  da cafeína presente nas amostras, com o  $R_f$  da solução padrão de cafeína, é possível a identificação deste componente nos medicamentos. Da mesma forma, é pela comparação dos  $R_f$ s lidos dos componentes de uma amostra, com o  $R_f$  de uma substância padrão, que os químicos forenses fazem a identificação de determinada substância em drogas apreendidas, como maconha e cocaína, de carbamatos utilizados em casos de envenenamento, ou em casos de falsificações de medicamentos, por exemplo.

Para realizar o laudo pericial, o perito criminal não pode ter dúvidas sobre a presença ou ausência de uma substância em uma amostra. Para isso, são realizados testes de triagem e confirmatórios. Os testes de triagem são testes colorimétricos simples, rápidos, sensíveis mas não específicos, podendo ser aceitos falsos positivos. Já os testes confirmatórios são mais complexos, lentos, são sensíveis e devem ser específicos.

### Desenvolvimento do procedimento experimental

A turma será dividida em dois grupos, cada grupo receberá um roteiro, e deve anotar seu procedimento, resultados e conclusões, e entregar no final da aula.

- Triturar o comprimido com almofariz e pistilo, e em seguida solubilizar em 10 mL de água destilada
- Transferir a solução para um funil de separação e extrair com 4 mL de diclorometano
- Repetir a extração mais duas vezes com 3 mL de diclorometano
- Transferir a fase orgânica para um balão volumétrico de 10 mL e completar o volume com diclorometano
- Saturar a cuba (béquer de 250 mL) com uma solução, previamente preparada, de 59,5 mL acetato de etila, 7 mL etanol e 3,5 mL hidróxido de amônio
- Cortar uma placa de sílica 5x5 cm e fazer margem de 1,0 cm de uma borda e 0,5 cm de outra
- Com o auxílio de um capilar, aplicar as amostras da solução de cafeína extraída dos comprimidos e a solução padrão de cafeína (seguir a orientação do docente)
- Introduzir a placa cromatográfica com a margem de 1,0 para baixo, levemente inclinada no béquer de 250 mL
- Fechar novamente a cuba com vidro relógio, esperar a eluição

- Quando a eluição alcançar a margem superior, retirar a placa e esperar secar
- Mergulhar a placa cromatográfica na solução de ácido fosfomolibdico 10% em etanol
- Colocar a placa na chapa de aquecimento e esperar a revelação
- Calcular o Rf de cada mancha

### **Fechamento**

Devido a diferença de polaridade entre cafeína e os demais compostos das amostras, ocorrem forças intermoleculares de diferentes intensidade com a fase fixa e com a fase móvel, assim, ocorre a separação dos compostos sobre a placa. Pela comparação entre os Rf's lidos do padrão de cafeína, da Neosaldina® e do Torsilax®, foi possível a identificação da cafeína nas amostras de medicamentos.

A CCD é um exemplo de como o conhecimento sobre polaridade e forças intermoleculares são fundamentais para fornecer provas e auxiliar uma decisão judicial. Imagine um caso de intoxicação por níveis inadequados de um princípio ativo em algum produto. Ou que uma pessoa está sendo acusada de porte de drogas e você é o responsável por determinar qual substância ela está portando, a fim de confirmar a presença da droga. Para isso não pode restar dúvidas sobre a natureza da substância, por isso ela passa por uma série de testes de triagem (colorimétricos), até o teste confirmatório, com maior sensibilidade e precisão de análise, como a cromatografia gasosa com espectrometria de massas.

Ao fim do experimento, será entregue uma folha com três notícias sobre um crime real, um homicídio, que será utilizada como situação-problema. Os alunos deverão pesquisar em casa sobre a técnicas cromatografia em camada delgada, cromatografia líquida, cromatografia gasosa, e técnicas de revelação de impressões digitais, e a partir dessa pesquisa, serão discutidas na próxima aula possíveis soluções para a investigação.

### **Avaliação**

- Que tipo de interação intermolecular ocorre entre a cafeína e a sílica?
- Por que a CCD é uma técnica de adsorção?

## **APÊNDICE D — Plano de aula Papiloscopia Forense + Técnica do iodo**

### **PLANO DE AULA: REVELAÇÃO DE IMPRESSÕES DIGITAIS**

#### **COMPONENTE CURRICULAR: QUÍMICA GERAL II**

**ALISSON BARROS Y SILVA**

([alissony.aluno@unipampa.edu.br](mailto:alissony.aluno@unipampa.edu.br))

#### **Conteúdos**

- Polaridade
- Forças intermoleculares

#### **Objetivos**

- Avaliar os conhecimentos prévios de polaridade, forças intermoleculares e sua influência no comportamento da matéria
- Verificar como a química forense como tema contextualizador pode ser motivador e facilitador da aprendizagem
- Favorecer a aprendizagem por experimentação, através da revelação de impressões digitais com iodo

#### **Materiais e métodos**

Aula expositiva e experimental

- Béquer
- Vidro relógio
- Papel filtro
- Iodo
- Pinça

#### **Introdução**

Primeiramente, realizar uma abordagem teórica e contextualizada do tema

Polaridade:

Está relacionada à diferença de eletronegatividade entre os átomos da molécula e a geometria dela. Se não há diferença de eletronegatividade entre os átomos, a molécula é apolar. Se houver diferença de eletronegatividade, pode ser apolar ou polar, dependendo da geometria.

A presença de um átomo mais eletronegativo aumenta a densidade eletrônica em uma região da molécula, resultando em um dipolo parcialmente negativo e outro parcialmente positivo.

Dipolo induzido:

São forças de fraca intensidade que ocorrem em moléculas apolares quando se aproximam de outras moléculas. Quando há aproximação entre moléculas, seus elétrons de valência sofrem influência dos núcleos dos átomos das moléculas vizinhas, e se acumulam em uma região da molécula, induzindo a formação de um dipolo parcialmente negativo e um dipolo parcialmente positivo.

Dipolo permanente:

São forças de intensidade média e ocorrem em moléculas polares. A diferença de eletronegatividade entre os átomos da molécula, faz com que a distribuição de elétrons seja assimétrica, assim, a região com maior densidade eletrônica é o dipolo parcialmente negativo e a região desprovida de elétrons é o dipolo parcialmente positivo.

Ligações de hidrogênio:

São forças de alta intensidade, em que o dipolo positivo é um átomo de hidrogênio, e o dipolo negativo é um átomo de flúor, de oxigênio ou de nitrogênio.

Íon-dipolo:

Força intermolecular de maior intensidade, ocorre entre um íon e o dipolo de uma molécula. Se o íon for um cátion (positivo), este interage com o dipolo negativo da molécula vizinha. Se o íon for um ânion (negativo), interage com o dipolo positivo da molécula vizinha.

Papiloscopia:

A ciência responsável pela identificação humana a partir das papilas dérmicas

Datilosopia:

Ramo da papiloscopia responsável pela identificação humana a partir das impressões digitais (dedos). Na química forense, essas áreas são responsáveis por identificar ou não a presença de um determinado indivíduo na cena de um crime ou relacioná-lo a arma do crime

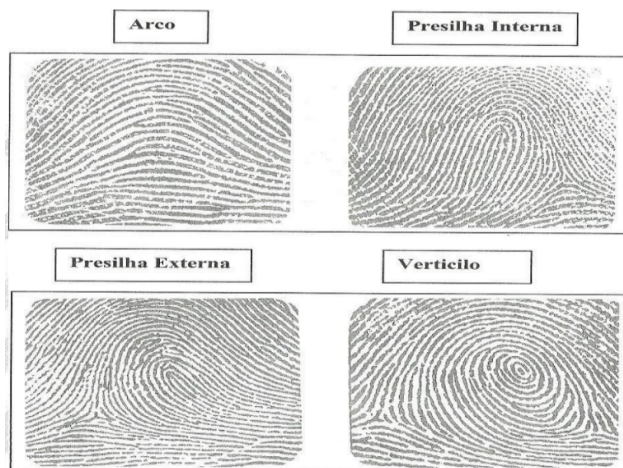
Princípios da datilosopia:

- Princípio da perenidade: as digitais se formam na barriga da mãe, a partir do sexto mês de gestação
- Princípio da imutabilidade: as digitais não se alteram durante a vida, com exceção de queimaduras, cicatrizes, ou doenças de pele, como a lepra
- Princípio da variabilidade: todas as digitais são únicas, mesmo entre todos dedos de uma pessoa
- Princípio da classificabilidade: é possível classificar as digitais de acordo com tipos fundamentais
- Princípio da praticidade: a revelação das impressões digitais são práticas e de baixo custo

Quatro tipos fundamentais de impressões digitais são:

- Arco: datilograma adéltico (sem delta)
- Presilha interna: datilograma com delta à direita
- Presilha externa: datilograma com delta à esquerda
- Verticilo: datilograma com um delta à direita e outro à esquerda

Figura: Tipos fundamentais de impressões digitais



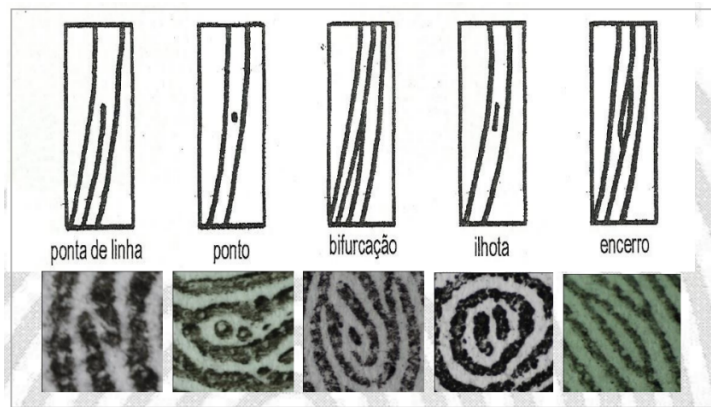
Fonte: Manaus (2015, p. 5)

Pontos característicos da impressão digital:

Pelo menos 12 pontos específicos correspondentes em duas impressões digitais são suficientes para determinar cientificamente que as duas digitais são do mesmo dedo

- Ponta de linha
- Ponto
- Ilhota
- Bifurcação
- Encerro

Figura: Pontos característicos das impressões digitais



Fonte: Manaus (2015, p. 7)

Composição química das impressões digitais:

99% água; 1% aminoácidos, outros compostos nitrogenados, ácidos graxos, ácido láctico, glicídios, lipídios, ânions cloretos, sulfatos, fosfatos, e cátions metálicos sódio, potássio e ferro

Métodos de revelação de impressões digitais latentes, ou impressões papilares latentes (IPL): Técnica do pó (adsorção), técnica do vapor de iodo (adsorção), técnica da Ninidrina (reação química) e do nitrato de prata (reação química).

- Técnica do pó

É baseada na adsorção de componentes de certo pó nas partículas de água das impressões digitais, enquanto a impressão digital é recente. À medida que o tempo passa, a adsorção ocorre em compostos gordurosos da impressão digital.

As forças intermoleculares que ocorrem entre esses compostos são ligações de hidrogênio e forças Van der Waals, dependendo da polaridade e da estrutura dos componentes do pó.

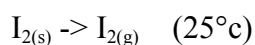
Tabela: Pós utilizados na revelação de impressões digitais

| Pós pretos                |                                                                  |                         | Pós brancos               |                                                                        |                        |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Pó de óxido de ferro      | Óxido de ferro<br>Resina<br>Negro-de-fumo                        | 50%<br>25%<br>25%       | Pó de óxido de titânio    | Óxido de titânio<br>Talco<br>Caulin                                    | 60%<br>20%<br>20%      |
| Pó de dióxido de manganês | Dióxido de manganês<br>Óxido de ferro<br>Negro-de-fumo<br>Resina | 45%<br>25%<br>25%<br>5% | Pó de carbonato de chumbo | Carbonato de chumbo<br>Goma arábica<br>Alumínio em pó<br>Negro-de-fumo | 80%<br>15%<br>3%<br>2% |
| Pó negro-de-fumo          | Negro-de-fumo<br>Resina<br>Terra de Fuller                       | 60%<br>25%<br>15%       |                           |                                                                        |                        |

Fonte: Chemello (2006)

- Técnica do vapor de iodo

O iodo molecular é apolar, tem a capacidade de sublimação devido às forças intermoleculares de fraca intensidade.

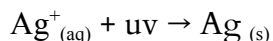
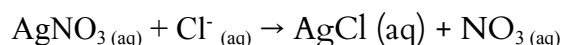


Ao entrar em contato com gorduras (apolares) e com a região apolar de ácidos graxos da IPL, fica adsorvido sobre esses. A impressão digital adquire coloração marrom acastanhada por certo tempo, até o iodo sublimar novamente.

Após revelada a impressão digital, é feita a comparação com a impressão digital do suspeito, ou verificado no Banco de Dados, podendo verificar se ele esteve ou não presente no local do crime, se ele segurou a arma do crime em algum momento

- Técnica do Nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ):

Baseada na reação do  $\text{AgNO}_3$  com íons cloretos presentes na impressão digital, formando cloreto de prata ( $\text{AgCl}$ ), e posterior redução do íon prata à prata metálica por exposição à luz solar



- Técnica da ninidrina:

Baseada na reação da Ninidrina com aminoácidos presentes nas impressões digitais, formando uma coloração um produto de púrpura intensa

### Desenvolvimento da atividade experimental

Cada aluno receberá uma folha na qual devem ser anotados o procedimento, as observações e conclusões:

- Adicionar cristais de iodo na câmara de iodo, fechar, e esperar a sublimação
- Cortar um papel filtro em formato retangular (um para cada aluno)
- Firmar os polegares dos alunos nos papéis filtro
- Adicionar os papéis na câmara de iodo, fechar, esperar a revelação
- Fotografar antes da evaporação do iodo
- (Talvez) repetir o processo com placa de vidro, para comparação
- Discutir os resultados

### Fechamento

As forças dipolo induzido, de fraca intensidade, característica do iodo molecular (apolar) influencia diretamente em suas propriedades físicas, como a capacidade de sublimação em temperatura próxima da temperatura ambiente, e na sua capacidade de interação com substâncias apolares.

O conhecimento sobre forças intermoleculares e sua influência em certas propriedades da matéria é fundamental na prática de datiloscopistas forenses. Apesar da técnica ser simples e de baixo custo, é somada a outras técnicas de revelação de digitais, e colabora no fornecimento de provas de um crime, auxiliando em importantes decisões judiciais.

Além disso, mesmo uma experimentação simples e de baixo custo, quando tem uma boa mediação entre os níveis representacionais, é uma ferramenta de ensino, formando uma base para novos conhecimentos relacionados aos conteúdos abordados.

**Avaliação**

- Por que o iodo passa do estado sólido para o estado de vapor em temperatura ambiente?
- Em quais componentes da impressão digital o iodo adere?
- Que tipo de interação intermolecular ocorre entre o iodo e os componentes da impressão digital?

**APÊNDICE E — Plano de aula Situação-problema + Técnica do vapor de iodo**

PLANO DE AULA: SITUAÇÃO-PROBLEMA SOBRE QUÍMICA FORENSE

COMPONENTE CURRICULAR: QUÍMICA ORGÂNICA EXPERIMENTAL

ALISSON BARROS Y SILVA

(alissony.aluno@unipampa.edu.br)

**Conteúdos**

- Química Forense
- Polaridade
- Forças intermoleculares

**Objetivos**

- Verificar se os alunos conseguem relacionar o conteúdo de polaridade e forças intermoleculares com uma situação criminal
- Promover a capacidade de argumentação e resolução de problemas a partir dos conhecimentos adquiridos pelos discentes, após a aplicação da pesquisa.
- Promover a aprendizagem por experimentação, a partir da técnica do pó

**Materiais e métodos**

Aula expositiva e dialogada

Aula experimental roteirizada

Promoção de debates a partir de uma situação-problema

- Cristais de iodo
- Papel filtro
- Pinça
- Cuba de iodo

**Introdução**

Primeiramente, retomar os fatos da notícia entregue aos alunos na aula anterior

- Um corpo em decomposição foi encontrado dentro da geladeira em uma clínica clandestina em Pernambuco

- A perícia identificou 5 substâncias no organismo, indicando morte por overdose
- A vítima saiu da casa da irmã, em uma cidade na Paraíba, para a casa da mãe, em outra cidade na Paraíba, sumiu por cerca de 20 dias, e foi encontrado morto em uma cidade em Pernambuco
- O carro da vítima foi encontrado em Pernambuco uns dias depois do desaparecimento
- O principal suspeito é um falso médico, que foi preso em SP, mas liberado em seguida por falta de provas
- Foi preso novamente, por falsificações de documentos e prática ilegal da medicina, mas não pelo suposto envolvimento com o homicídio

Discutir o enredo, e ouvir o que os alunos escreveram sobre o caso, suas técnicas pesquisadas e ideias para identificar como a vítima morreu, quem é o autor do crime e como utilizar a ciência a favor da justiça.

Discutir como as técnicas utilizadas pela perícia, que foram solicitadas para pesquisa preliminar (cromatografia em camada delgada, líquida, gasosa, técnica do pó e técnica do iodo) podem estar inseridas na investigação criminal da situação-problema.

### **Desenvolvimento**

É feita a revelação de impressões digitais com vapor de iodo. Para isso, são distribuídos papéis filtros para os alunos.

- Adicionar cristais de iodo na câmara de iodo, fechar, e esperar a sublimação
- Cortar um papel filtro em formato retangular (um para cada aluno)
- Firmar os polegares dos alunos nos papéis filtro
- Adicionar os papéis na câmara de iodo, fechar, esperar a revelação
- Fotografar antes da evaporação do iodo
- (Talvez) repetir o processo com placa de vidro, para comparação
- Discutir os resultados

### **Fechamento**

Tanto nas técnicas de cromatografia e as técnicas de revelação de impressões digitais latentes (IPL) estão envolvidos os conhecimentos de polaridade e de forças intermoleculares. No caso das cromatografias, as interações em questão são entre a amostra, a fase fixa e a fase

móvel. Já no caso das revelações de impressões digitais, as forças intermoleculares estão presentes entre o iodo e os componentes das IPL, ou entre os componentes do pó e da IPL.

Em qualquer investigação criminal, é fundamental o papel da perícia, que utiliza seus conhecimentos de ciências a favor da lei. A química forense está intimamente relacionada às provas levantadas na determinação da justiça.

O suspeito foi preso apenas por se passar por médico, e não por envolvimento com o homicídio. Nesse sentido, se houvesse provas contra ele, teriam diversos agravantes que o aumentariam a pena, ou se houvesse provas que os inocentasse, seria descartada a suspeita de seu envolvimento.

### **Avaliação**

A avaliação de aprendizagem será feita a partir da análise subjetiva do conhecimento adquirido pelos discentes, por meio de avaliação da coerência das informações/ideias dos alunos sobre o estudo de caso, tanto na resolução das questões quanto no debate realizado em sala de aula. Os alunos devem demonstrar não só que aprenderam o que é polaridade e cada força intermolecular, mas que sabem aplicar esse conhecimento para resolver alguma situação real.

## **APÊNDICE F — Plano de aula Situação-problema + Técnica do pó**

### **PLANO DE AULA: SITUAÇÃO-PROBLEMA SOBRE QUÍMICA FORENSE**

#### **COMPONENTE CURRICULAR: QUÍMICA GERAL II**

**ALISSON BARROS Y SILVA**

(alissony.aluno@unipampa.edu.br)

#### **Conteúdos**

- Química Forense
- Polaridade
- Forças intermoleculares

#### **Objetivos**

- Verificar se os alunos conseguem relacionar o conteúdo de polaridade e forças intermoleculares com uma situação criminal
- Promover a capacidade de argumentação e resolução de problemas a partir dos conhecimentos adquiridos pelos discentes, após a aplicação da pesquisa.

#### **Materiais e métodos**

Aula expositiva e dialogada

Aula experimental roteirizada

Promoção de debates a partir de uma situação-problema

- Pó de carvão
- Almofariz e pistilo
- 4 vidros relógios
- Espátula
- Fita adesiva transparente

#### **Introdução**

Primeiramente, retomar os fatos da notícia entregue aos alunos na aula anterior

- Um corpo em decomposição foi encontrado dentro da geladeira em uma clínica clandestina em Pernambuco
- A perícia identificou 5 substâncias no organismo, indicando morte por overdose
- A vítima saiu da casa da irmã, em uma cidade na Paraíba, para a casa da mãe, em outra cidade na Paraíba, sumiu por cerca de 20 dias, e foi encontrado morto em uma cidade em Pernambuco
- O carro da vítima foi encontrado em Pernambuco uns dias depois do desaparecimento
- O principal suspeito é um falso médico, que foi preso em SP, mas liberado em seguida por falta de provas
- Foi preso novamente, por falsificações de documentos e prática ilegal da medicina, mas não pelo suposto envolvimento com o homicídio

Discutir o enredo, e ouvir o que os alunos escreveram sobre o caso, suas técnicas pesquisadas e ideias para identificar como a vítima morreu, quem é o autor do crime e como utilizar a ciência a favor da justiça.

Discutir como as técnicas utilizadas pela perícia, que foram solicitadas para pesquisa preliminar (cromatografia em camada delgada, líquida, gasosa, técnica do pó e técnica do iodo) podem estar inseridas na investigação criminal da situação-problema.

### **Desenvolvimento**

É feita a revelação de impressões digitais com pó de carvão. Para isso, são distribuídos vidros relógios para cada aluno, e um punhado de pó de carvão previamente triturado. Estes devem seguir o seguinte procedimento;

- Pressionar o polegar no vidro relógio
- Transferir o pó de carvão sobre a impressão digital
- Remover o excesso de carvão
- Colar fita adesiva sobre a impressão digital
- Remover e colar em um papel

### **Fechamento**

Tanto nas técnicas de cromatografia quanto de revelação de impressões digitais latentes (IPL) são envolvidos os conhecimentos de polaridade das moléculas, e de forças intermoleculares. No caso das cromatografias, as interações em questão são entre a amostra, a

fase fixa e a fase móvel. Já no caso das revelações de impressões digitais, as forças intermoleculares estão presentes entre o iodo e os componentes das IPL, ou entre os componentes do pó e da IPL.

Em qualquer investigação criminal, é fundamental o papel da perícia, que utiliza seus conhecimentos de ciências a favor da lei. A química forense está intimamente relacionada às provas levantadas na determinação da justiça.

O suspeito foi preso apenas por se passar por médico, e não por envolvimento com o homicídio. Nesse sentido, se houvesse provas contra ele, teriam diversos agravantes que o aumentariam a pena, ou se houvesse provas que os inocentasse, seria descartada a suspeita de seu envolvimento.

### **Avaliação**

A avaliação de aprendizagem será feita a partir da análise subjetiva do conhecimento adquirido pelos discentes, por meio de avaliação da coerência das informações/ideias dos alunos sobre o estudo de caso, tanto na resolução das questões quanto no debate realizado em sala de aula. Os alunos devem demonstrar não só que aprenderam o que é polaridade e cada força intermolecular, mas que sabem aplicar esse conhecimento para resolver alguma situação real.

## APÊNDICE G — Avaliação de aprendizagem: Situação-Problema

### AVALIAÇÃO DE APRENDIZAGEM PARA PESQUISA DE TCC

QUÍMICA LICENCIATURA

ALISSON BARROS Y SILVA

([alissony.aluno@unipampa.edu.br](mailto:alissony.aluno@unipampa.edu.br))

Matrícula:

Componente curricular:

#### **g1** CARUARU E REGIÃO

### **Corpo de jovem desaparecido é encontrado em estado de decomposição dentro de geladeira no Sertão**

Adonias Ferreira da Costa, de 29 anos, era da Paraíba e estava desaparecido desde 13 de outubro.

Por g1 Caruaru  
04/11/2022 08h49 - Atualizado há 10 meses

Na última quinta-feira (3), um corpo em estado de decomposição foi encontrado dentro de uma geladeira na Rua Pedro Balbino, no centro da cidade de Itapetim, Sertão de Pernambuco. A vítima foi identificada como Adonias Ferreira da Costa, de 29 anos. O jovem, que era natural da cidade de Teixeira, da Paraíba, estava desaparecido desde o dia 13 de outubro.

Testemunhas informaram à polícia que sentiram um cheiro forte perto da residência onde o corpo foi encontrado e notaram a presença de muitas moscas perto do imóvel. A polícia foi acionada e, após entrar no imóvel, foi verificado que a geladeira estava ligada à energia elétrica e também estava chumbada na parede da residência.

A família do jovem foi acionada e realizou o reconhecimento preliminar do corpo. Os familiares informaram que o jovem teria saído de Teixeira em direção a Maturéia, também na Paraíba, para visitar a mãe, mas nunca chegou ao destino e a família perdeu contato com ele.

A perícia esteve no local para colher o material genético e analisar o caso. De acordo

com a família, o corpo foi encaminhado para uma unidade do Instituto de Medicina Legal (IML) no Recife e um laudo deve ser expedido no prazo de 30 dias.



Ouçã agora  FM 102.5

### **Suspeito de matar paraibano e colocar corpo em geladeira é preso, mas liberado**

As informações foram dadas pela família da vítima

Publicado em 31/01/2023 21:48

A investigação do caso do paraibano Adonias Ferreira, encontrado morto dentro de uma geladeira em uma clínica clandestina na cidade de Itapetim, interior de Pernambuco, ganhou um novo capítulo. De acordo com informações da família da vítima, o principal suspeito do crime, Fábio Machado da Cunha, foi identificado e preso no estado de São Paulo. No entanto, por falta de um mandado de prisão, foi liberado.

Segundo Ana Rita, o suspeito foi reconhecido por policiais paulistas e conduzido à delegacia. Após isso, os agentes entraram em contato com a polícia pernambucana, já que o caso está sendo investigado pela delegacia de Itapetim. Porém, as autoridades informaram que não havia nenhum mandado de prisão em aberto contra Fábio e, por esse motivo, ele seria liberado.

*“Eu vou com meu advogado até a cidade de Itapetim-PE, vou na Promotoria, vou no Fórum e vou na Delegacia. Quero saber por que o promotor negou o mandado de prisão, porque não tem prova maior do que Adonias ter sido encontrado na própria residência de Fábio, e não só por ter sido encontrado lá, mas também por outro crime que ele cometeu em São Paulo, com um senhora, e por vários outros crimes que ele estava praticando na cidade de Itapetim-PE”, disse Ana Rita.*

Após 40 dias de investigação a perícia apontou que a causa da morte do jovem foi overdose. Um laudo pericial feito no corpo de Adonias Ferreira apontou algumas substâncias químicas em seu organismo.

Segundo laudo, foram encontradas no fígado e no sistema digestório pelo menos cinco substâncias de medicamentos usados no tratamento de doenças psiquiátricas. Algumas dessas substâncias são injetáveis.

De acordo com a perícia, há possibilidade de Adonias ter sido dopado com altas doses de medicamentos.

O principal suspeito é técnico de enfermagem e tem 31 anos de idade. Ele já foi preso em 2016 por exercício ilegal da medicina. A prisão por esse crime ocorreu na cidade de Jenipapo de Minas, interior de Minas Gerais. Ele atendia pacientes forma ilegal em um consultório improvisado na casa da mãe e cobrava R\$ 40 por consulta, na época.

### O caso Adonias

Adonias Ferreira foi encontrado no dia 3 de novembro de 2022, após passar cerca de três semanas desaparecido. Em entrevista, Ana Rita, irmã do rapaz, revelou que ele estava na casa dela, em Teixeira, na Paraíba, sua cidade natal, quando recebeu uma mensagem e se

apressou para ir embora. Foi a última vez que foi visto por ela com vida.

[...] A família informou que Adonias morava em São Paulo e estava na Paraíba visitando parentes. Ele fazia os percursos entre Teixeira e Matureia de carro. A irmã disse que dias após o desaparecimento, o carro de Adonias foi encontrado em uma praça no município de Itapetim, já em Pernambuco.

*“Um homem estava guardando o carro. Ele foi ouvido pela polícia e liberado. Ele disse que guardou a pedido de outros dois homens, mostramos a foto do meu irmão e ele disse que nenhum dos dois era Adonias. Esses homens também foram ouvidos, mas não estão presos”, relatou Ana Rita.*

A mãe de Adonias, Maria de Lourdes, disse que o filho era uma pessoa muito querida por todos e nunca deu trabalho. *“Ele não era de sair, de ser irresponsável. Era uma benção, todo mundo gostava dele. Ele não tinha vícios, não fumava, não bebia, não tinha maldade, só tinha tudo de bom para oferecer às pessoas”, afirmou.*

## FOLHA de PERNAMBUCO

COMPROMISSO COM VOCÊ | 1908 • 2023

### Falso médico suspeito de matar homem e esconder corpo em geladeira em Pernambuco é preso em SP

A prisão do falso médico aconteceu após a Justiça de Pernambuco expedir um mandado de prisão preventiva contra ele

Por Fábio Nóbrega  
14/02/23 às 09H40 atualizado em 14/02/23 às 09H49

O suspeito de matar o jovem Adonias Ferreira da Costa, de 29 anos, em Itapetim, no Sertão de Pernambuco, foi preso pela Polícia Civil de São Paulo, na segunda-feira (13), em São José dos Campos (SP). Fábio Machado da Cunha, apontado pela polícia como um falso médico, teria escondido o corpo de Adonias em uma geladeira.

A prisão aconteceu após a Justiça de Pernambuco expedir, em 7 de fevereiro, um mandado de prisão preventiva contra ele. Segundo o g1 SP, Fábio nega o crime.

Na casa de Fábio funcionaria uma clínica clandestina. No local, foram apreendidos documentos falsos, medicamentos sujeitos à prescrição médica, mobílias destinadas para procedimentos clínicos, certificados de conclusão de cursos na área de saúde e estética e outros apetrechos médicos.

Fábio Machado será apresentado em audiência de custódia no Judiciário paulista.

No final de janeiro, Fábio Machado foi preso em São José dos Campos por uso de documento falso e exercício ilegal da medicina. Ele havia sido solto depois de passar por audiência de custódia.

Faça uma pesquisa sobre as técnicas de cromatografia em camada delgada, cromatografia líquida, cromatografia gasosa e de revelação de impressões digitais utilizadas pela perícia criminal.

Com base nos seus conhecimentos prévios e nos adquiridos, discorre sobre como você conduziria a investigação. No texto você deve responder:

- 1) Considerando a primeira notícia, imagine que você é um(a) perito(a) criminal e encontrou o corpo no local indicado, quais as primeiras questões que você levantaria?
- 2) Quais técnicas você utilizaria para identificar como a vítima morreu?
- 3) Quais técnicas você utilizaria para identificar o(s) autor(es) do crime? Como você as aplicaria?

4) Descreva brevemente como funcionam as técnicas que você mencionou na questão anterior

5) Em qual(is) técnica(s), elencadas por você na questão 4, o conhecimento de polaridade e forças intermoleculares se encaixam na investigação descrita?

6) Levando em conta que o principal suspeito foi preso, mas liberado por falta de um mandado de prisão, argumente sobre o papel da perícia para o fornecimento de provas na investigação.