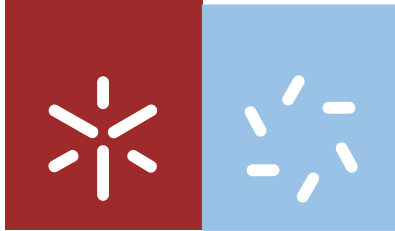


**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

Ilda Goreti da Costa Vale

**Ciência Forense na Escola – a motivação  
para estudar Química**



**Universidade do Minho**

Escola de Ciências

Ilda Goreti da Costa Vale

## **Ciência Forense na Escola – a motivação para estudar Química**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Química – Formação Contínua de Professores  
Áreas de especialização em Química, Ensino de Química

Trabalho realizado sob a orientação do  
**Professor Doutor Michael John Smith**

Julho de 2013

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE

Universidade do Minho, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Michael Smith pela sua inabalável exigência e apoio.

A todos os meus alunos por permitirem que eu continue a gostar daquilo que faço.

À Patrícia e à Raquel por todas as palavras de encorajamento e por todas as gargalhadas.

Aos meus pais pela sua paciência, pelo carinho e acima de tudo pela educação que me proporcionaram...por me ensinarem a distinguir o estrutural do acessório ao longo de

toda a minha vida.

## **RESUMO**

Este trabalho pretende acima de tudo tornar as aulas de Física e Química mais motivadoras, estimulantes e interessantes para os alunos. Atualmente, os alunos entram na sala de aula entusiasmados com algum episódio de uma série televisiva que viram no dia anterior e colocam sempre várias questões sobre a veracidade das técnicas utilizadas, a rapidez e a credibilidade dos resultados obtidos. Alguns destes cenários são aqui abordados e explorados para introduzir novos conteúdos de Física e Química na sala de aula, com o objetivo de tornar as aulas mais motivadoras, atrativas e estimulantes para os alunos, despertar o interesse pelo estudo da Física e/ou da Química, diminuir a indisciplina dentro da sala de aula e melhorar os resultados à disciplina. Os cenários possíveis são muitos e variados. Aqueles que são aqui abordados estão relacionados com a identificação e avaliação de sólidos e líquidos, a falsificação de óleos alimentares, a caracterização de documentos através da identificação de tintas e/ou o papel, a localização de manchas de sangue e a identificação de fibras têxteis.

## **SUMMARY**

The objective of the project presented in this thesis is to make Physics and Chemistry classes more motivating, stimulating and interesting for students. Often our students enter the classroom enthused with an episode of a program they watched on television the day before. They ask their teacher if the methods used by the actors are real, if they provide results so quickly and if we really can believe the results... There is no single response to these questions, sometimes the answer is “yes, it really is possible for science to provide fast and correct answers”, in other cases the programs are little more than science fiction. The situations that are presented in this thesis have been proposed and exploited to introduce new concepts in the classroom in a manner that is intended to make the classes more motivating, attractive and stimulating for the students, to awaken their interest in studying this domain and to improve their understanding of science. The scenes that may be created are many and varied. Those that are presented here are related to the identification and evaluation of solids and liquids, the counterfeiting of edible oils, the characterization of documents by ink and paper analysis, the localization of blood samples and the identification of the chemical nature of textile fibers.

## ÍNDICE GERAL

<b>Agradecimentos</b> .....	<b>III</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>IV</b>
<b>Summary</b> .....	<b>V</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO ÀS CIÊNCIAS FORENSES NA ESCOLA</b>	
1.1  O que é a Ciência Forense?.....	10
1.2  Os objetivos do projeto.....	13
1.3  O “efeito CSI” na Sociedade.....	15
1.4  A utilização de atividades CSI na sala de aula.....	17
1.5  Ciências forenses na sala de aula e interdisciplinaridade.....	19
1.6  As atividades extra-escolares.....	22
1.7  Conclusão.....	22
1.8  Bibliografia e referências.....	23
<b>CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E EQUIPAMENTOS</b>	
2.1  Identificação e avaliação de sólidos e líquidos.....	27
2.1.1  Cubos para avaliação de densidades de sólidos regulares.....	27
2.1.2  Determinação da densidade de um sólido pelo método indireto.....	28
2.1.3  Determinação da densidade de um líquido pelo método direto.....	29
2.1.4  Determinação da densidade relativa de um sólido pelo método do picnómetro...29	
2.1.5  Determinação da densidade relativa de um líquido pelo método do picnómetro..31	
2.1.6  Amostras de pneus de veículos industriais e de passageiros.....	31
2.1.7  Amostras de vidro fornecidas como sólidos irregulares.....	33
2.2  Identificação e avaliação de óleos alimentares.....	35
2.2.1  Amostras selecionadas de óleos alimentares.....	35
2.2.2  Procedimento para a análise de óleos alimentares usando o espectrómetro.....	36
2.3  Cromatografia e tintas – caracterização de documentos.....	36
2.3.1  Preparação das tiras de papel/fase estacionária.....	37
2.3.2  Marcação das tiras de papel.....	37
2.3.3  Colocação da amostra na fase estacionária.....	38



2.3.4	Processo de desenvolvimento.....	39
2.3.5	Caracterização das esferográficas.....	41
2.3.6	Aplicação das tintas das esferográficas ao papel cromatográfico.....	42
2.3.7	Recolha de amostras de tintas das esferográficas de papel.....	42
2.3.8	Procedimento para obtenção de cromatogramas.....	44
2.3.9	Falsificação de cheques.....	44
2.4	Localização de manchas de sangue.....	45
2.4.1	Preparação de reagentes para o teste <i>Kastle-Meyer</i> .....	45
2.4.2	Procedimento para detecção de manchas de sangue.....	46
2.5	Identificação e avaliação de fibras.....	47
2.5.1	Utilização do <i>kit Shirlastain Educacional Testing</i> .....	47
2.5.2	Procedimento para a identificação de fibras têxteis.....	48
2.6	Microscópio para visualização de amostras.....	49
2.7	<i>SpectroVis Plus</i> espectrómetro para a caracterização de amostras.....	50
2.8	Bibliografia e referências.....	51

### **CAPÍTULO 3 – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

3.1	Identificação e avaliação de sólidos e líquidos.....	55
3.2	Identificação e avaliação de óleos alimentares.....	59
3.3	Cromatografia e tintas – caracterização de documentos.....	64
3.3.1	Caracterização de tintas de cores diferentes.....	72
3.3.2	Otimização da quantidade de tinta aplicada.....	74
3.3.3	Otimização da escolha da fase móvel.....	75
3.3.4	Influência da fase estacionária no comportamento.....	78
3.3.5	Utilização de corantes/indicadores para o mesmo efeito.....	80
3.3.6	Identificação da tinta de um documento.....	86
3.4	Localização de manchas de sangue.....	89
3.5	Identificação e avaliação de fibras.....	92
3.6	Bibliografia e referências.....	95
	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>96</b>



## INTRODUÇÃO

A presente tese de mestrado está estruturada em três capítulos. No **Capítulo 1**, é feita uma abordagem sobre as Ciências Forenses, o objetivo deste projeto é o desenvolvimento das atividades CSI na sala de aula e a sua interdisciplinaridade.

Na segunda parte deste trabalho, **Capítulo 2**, são descritos em subsecções todos os materiais utilizados em cada uma das atividades propostas. Alguns destes materiais tiveram de ser desenvolvidos especificamente nos laboratórios ou oficinas da Universidade do Minho, para determinadas atividades, em alguns casos os conjuntos de materiais foram adquiridos em Portugal ou no estrangeiro. Nesta secção é identificado o custo e os fornecedores onde podem ser adquiridos. Em todas as atividades são referidos os cuidados de segurança a ter no manuseamento dos materiais e dos produtos químicos.

Na última parte, **Capítulo 3**, é apresentado para cada atividade um cenário possível a partir do qual o professor pode introduzir e desenvolver a sua aula mantendo os seus alunos motivados e atentos. Discutem-se aqui vantagens e desvantagens das técnicas utilizadas e apresentam-se os resultados obtidos em todas as atividades.

**CAPÍTULO 1**  
**INTRODUÇÃO ÀS CIÊNCIAS FORENSES NA ESCOLA**



## 1.1| O que é a Ciência Forense?

No início do século passado o estudo das Ciências estava muito compartimentado e existia a convicção de que era possível subdividir o conhecimento de modo a explicar corretamente as observações experimentais com modelos e termos característicos dos vários subdomínios. O desenvolvimento dos conhecimentos científicos verificado nos últimos 100 anos tem levado a uma visão atual muito mais integrada dos domínios da Química, da Biologia e da Física. A alteração da abordagem é, certamente, uma consequência dos avanços que tiveram lugar ao nível do conhecimento da constituição da matéria. A natureza pluridisciplinar da Ciência Forense e o tipo de problemas que os especialistas formados nesta ciência são chamados a resolver, exigem uma formação com componentes das ciências de Química, Biologia e Física.

A Química Forense pode ser definida como o subdomínio em que os conhecimentos da Química e da Toxicologia são aplicados no campo legal ou judicial. Diversas técnicas de análises químicas, análises bioquímicas e análises toxicológicas são utilizadas para ajudar a compreender a face sofisticada e complexa dos crimes, seja a análise da autenticidade de obras de arte e de documentos ou exames técnicos de combustíveis adulterados, fraudes e falsificações, casos de negligência, acidentes domésticos/trabalho/rodoviários, chantagens, roubos, sequestros, violações/abusos sexuais, suicídios e assassinatos, seja adulterações de outros produtos e processos que estejam fora da lei. Trata-se de um ramo singular das ciências químicas uma vez que a sua prática e investigação científica devem unir duas áreas distintas, a científica (Química, Física e Biologia) e a humanística (Sociologia, Psicologia, Direito e Medicina Legal). No estudo dos vários casos, a Química Forense é um subdomínio de ciências em que os investigadores estudam substâncias como tintas, vidros, solos, metais, plásticos, explosivos e produtos derivados do petróleo. Para que possam ser caracterizados, é necessário utilizar não só a vasta gama de técnicas disponíveis no laboratório, como também obriga os profissionais forenses a ter domínio sobre as várias áreas do conhecimento e, na maioria das vezes, a trabalhar em equipa com consultores especializados.



A investigação química de crimes é bastante antiga, quase tão antiga como o crime. Foi no século VII antes de Cristo, que Arquimedes foi solicitado a determinar se alguma prata tinha sido usada na confecção da coroa, pelo possivelmente desonesto ourives, para a qual o Rei Hierão II tinha fornecido ouro puro para ser usado. Arquimedes tinha que resolver o problema sem danificar a coroa, ele não poderia derretê-la num corpo de formato regular, de forma a determinar o seu volume e, posteriormente, calcular a sua densidade. Enquanto tomava um banho, ele percebeu que o nível da água na banheira subia quando ele entrava, e que esse efeito poderia ser usado para determinar o volume da coroa. Para efeitos práticos, a água é incompressível, assim a coroa submersa deslocaria uma quantidade de água igual ao seu próprio volume. Dividindo a massa da coroa pelo volume de água deslocado, a densidade da coroa podia ser obtida. Essa densidade seria menor do que a do ouro, se metais mais baratos e menos densos tivessem sido adicionados. Assim expôs a tentativa de falsificação de um criminoso utilizando o seu conhecimento de Química e Física.

No século VIII, utilizaram-se pela primeira vez as impressões digitais na Arábia<sup>[1]</sup>. Em 1247 foi editado um livro na China que contém o registo da primeira aplicação dos conhecimentos da medicina legal para a resolução de crimes. Foram criadas no século XVI as bases da patologia moderna, com o estudo das mudanças do corpo após um crime violento. Malpighi<sup>[2]</sup> reinventou o sistema das impressões digitais, em 1686. No século XIX, foi criada a primeira força de detetives, em França, a *Sûreté de Paris*. Criaram-se organizações como a Interpol<sup>[3]</sup> e o FBI<sup>[4]</sup>, no século XX. O primeiro laboratório forense dos Estados Unidos foi fundado em 1923, em Los Angeles. Em 1932, o FBI estabeleceu o seu próprio laboratório forense para atender os departamentos de polícia e outras autoridades na área da investigação em todo o país, sendo atualmente um dos maiores laboratórios, com mais e melhores meios, do mundo. A informática começou a ser cada vez mais aplicada às investigações dando origem aos primeiros sistemas automatizados de identificação. No entanto, é no século XXI que se verificam, em poucos anos, os maiores avanços nas técnicas e equipamentos utilizados nas Ciências Forenses. Espiões, terroristas, *hackers*, pedófilos, mafiosos, líderes de gangues e assassinos em série e muitos outros são investigados pelo FBI, cuja missão é proteger



e defender os Estados Unidos contra ameaças terroristas e fazer cumprir as leis criminais dos Estados Unidos.

Um dos princípios básicos da Química Forense é o facto irrefutável de que todo e qualquer tipo de contacto de uma pessoa com o local do crime deixa um rasto/resíduo, que poderá servir de prova. Esta afirmação é o Princípio de Locard. Basicamente, o princípio de *Locard* é aplicável nas cenas do crime, no qual o interveniente (ou intervenientes) da cena do crime entra(m) em contacto com a própria cena onde o crime foi executado, trazendo algo para a cena do crime. Cada contacto deixa o seu rasto. Nas suas palavras (e citando a fonte em inglês): *“quaisquer que sejam os passos, quaisquer objetos tocados por ele, o que quer que seja que ele deixe, mesmo que inconscientemente, servirá como uma testemunha silenciosa contra ele. Não apenas as suas pegadas ou dedadas, mas o seu cabelo, as fibras das suas calças, os vidros que ele porventura parta, a marca da ferramenta que ele deixe, a tinta que ele arranhe, o sangue ou sémen que deixe. Tudo isto, e muito mais, carrega um testemunho contra ele. Esta prova não se esquece. É distinta da excitação do momento. Não é ausente como as testemunhas humanas são. Constituem, per se, numa evidência factual. A evidência física não pode estar errada, não pode cometer perjúrio por si própria, não se pode tornar ausente. Cabe aos humanos, procurá-la, estudá-la e compreendê-la, apenas os humanos podem diminuir o seu valor”* - Professor Edmond Locard.

Se ocorrer uma colisão seguida de fuga, haverá transferência da tinta; se um assaltante de automóveis partir uma janela de vidro, poderão ser encontrados fragmentos de vidro nas suas roupas; o disparo de uma arma deixa resíduos de pólvora nas mãos do utilizador. O trabalho inicial dos investigadores forenses é encontrar as pistas, para atingir esse objetivo, isolam o local do crime, identificam, caracterizam e fotografam o local e só depois as provas são então analisadas e o seu significado é determinado. Num episódio da série CSI<sup>[5]</sup>, no caso de um acidente de automóvel envolvendo atropelamento e fuga, resíduos da pintura do veículo foram detetados nas calças da vítima e identificados como sendo de uma pintura metálica prateada. Dos fragmentos de vidro também encontrados na vítima, foi determinado que a janela traseira do carro tinha sido estilhaçada no impacto. Também foi observado que havia



uma impressão parcial de um logotipo da *Datsun* nas calças da vítima. Com estas provas, o veículo foi localizado rapidamente.

As mais recentes contribuições da Química para o trabalho forense aconteceram com as técnicas de perfilamento do DNA. Este método tem a capacidade de identificar uma pessoa através do código genético presente em qualquer amostra do seu tecido, com uma certeza muito próxima de 100%. Uma única investigação num laboratório forense pode envolver vários cientistas especializados em domínios diferentes das várias ciências. Intervêm neste processo: químicos, toxicólogos, biólogos, botânicos, geólogos e físicos, só para mencionar alguns. Estes detetives "cientistas " montam um quebra-cabeças muito difícil para formar um quadro do crime e, eventualmente, desvendar o crime.

## 1.2| Os objetivos do projeto

Não há nenhuma criança, por mais indiferente ou difícil que pareça, da qual não seja possível obter uma resposta. O objetivo deste projeto é o de tornar o ensino e a aprendizagem mais interessantes, eficazes e estimulantes.

O mais comum é termos 30 alunos na sala de aula, todos diferentes uns dos outros, alguns com objetivos bem definidos, outros nem por isso. Há alunos que interagem facilmente com os professores, respondem de boa vontade às perguntas, realizam os trabalhos e tarefas que lhes são propostos e a maioria destes alunos obtém aprovação no final de cada ano letivo. Infelizmente, em todas as turmas existem alguns alunos que não participam nas aulas e nas tarefas propostas, não estão atentos às apresentações do professor, o que origina a apatia dos mesmos é falta de motivação. É evidente que este é um problema para o qual todos os professores procuram uma solução. Espera-se de alguma maneira, em algum lugar e algum dia, que alguém inventará uma receita para motivar estes alunos.

É com alguma frequência que os discentes, em contexto de sala de aula, levantam questões sobre diversas temáticas/experiências divulgadas nas séries televisivas relacionadas com a resolução de crimes, sobre a possibilidade/veracidade das soluções/resultados aí apresentados. Esta curiosidade dos alunos pode ser muito útil



para o professor na sala de aula e no âmbito deste projeto de mestrado apresenta-se uma proposta que poderá ajudá-los a alcançar determinados objetivos e pode ser o início de uma grande descoberta: o processo de ensino e aprendizagem pode ser interessante, eficaz e estimulante. Esta é certamente a mais difícil e complexa tarefa do ensino: motivar os alunos, em função de todo o contexto da sala de aula, o físico, o social e o emocional.

Com este projeto pretende-se desenvolver uma metodologia facilitadora das aprendizagens, com vista à motivação dos alunos, para saber mais sobre Ciência, em particular sobre a Química. Faz parte desta metodologia um conjunto de atividades experimentais, que permitirão ao aluno compreender e realizar investigação científica e aplicar métodos e técnicas experimentais de análise. Todas as atividades apresentadas contemplam conceitos e conteúdos abordados nos programas de Física e Química, do terceiro ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário, aprovados pelo Ministério da Educação.

Devido à popularidade de programas de televisão como CSI, Bones<sup>[6]</sup>, Dexter<sup>[7]</sup>, Criminal Minds<sup>[8]</sup>, entre outros, tem havido um aumento do interesse dos estudantes pelas Ciências Forenses, chegando mesmo a procurarem cursos de ensino superior como Licenciatura em Anatomia Patológica, Citológica e Tanatológica (Instituto Politécnico de Lisboa, CESPU<sup>[9]</sup>) ou Mestrado em Química Forense (Universidade de Coimbra<sup>[10]</sup>). Já existem vários cursos no nosso país direcionados para preparar profissionais no domínio da criminalidade desde o ano letivo 2006/2007 com a primeira licenciatura em Criminologia, na Faculdade de Direito da Universidade do Porto<sup>[11]</sup>. Até então, só havia o mestrado em criminologia, existente desde 1995 na mesma faculdade. Este curso, que apenas existe em Portugal, tem como propósito ir ao encontro da criminologia moderna, enquanto estudo pluridisciplinar do fenómeno criminal, e proporcionar aos estudantes uma formação prática e aplicada num vasto conjunto de ciências e saberes como o Direito, a Psicologia, a Sociologia, a Estatística, as Ciências Forenses ou Métodos de Investigação Científica. No caso de Portugal, apesar de ser uma área com uma empregabilidade muito baixa quando comparada com outros cursos, começam a existir algumas licenciaturas e especializações relacionadas, umas mais específicas, outras menos, mas mesmo assim com elevadas taxas de ocupação das



vagas. Muitas são as profissões associadas à investigação criminal e forense. No Instituto de Medicina Legal trabalham muitos profissionais, incluindo farmacêuticos, antropólogos, médicos dentistas, bioquímicos, químicos, biólogos, técnicos de diagnóstico e terapêutica, enfermeiros, assistentes sociais, psicólogos, juristas, especialistas em psiquiatria, ortopedia, neurologia e imagiologia. Naturalmente muitos destes profissionais trabalham em áreas diferentes como a Toxicologia Forense, a Genética Forense, a Psicologia Forense e a Sexologia Forense. Alguns alunos do ensino secundário eventualmente podem escolher esta especialização, optando pelo estudo das Ciências Forenses. É conveniente sublinhar que o objetivo da introdução de tópicos do domínio da Química Forense nas aulas não é encorajar o aluno a interessar-se por qualquer domínio específico de Ciências Forenses, mas sim para os cursos de Ciências que podem ser muito motivadores.

Aquilo que se procura desenvolver são exercícios e atividades forenses para os alunos, que possam ser aplicados na sala de aula, aumentar o espírito crítico, tornar o ensino e a aprendizagem mais interessantes, eficazes e estimulantes, sem produzir o chamado “efeito CSI”<sup>[12]</sup> e sem provocar efeitos colaterais menos positivos da popularidade dos referidos programas.

### 1.3| O “efeito CSI” na Sociedade

Um dos efeitos secundários, referido por alguns autores como o “efeito CSI”, é que a maneira como a ciência é usada para resolver crimes na televisão levou a um aumento das expectativas do público da ciência e a um mal-entendido de como a ciência forense realmente funciona. Na televisão, aquilo que as pessoas podem ver é que todas as cenas de crimes investigados são rapidamente analisadas com vários instrumentos científicos. Embora o público compreenda que os crimes reais não sejam resolvidos em menos de 40 minutos, passa a imagem de que os métodos e ferramentas usados são uma representação da vida real dos investigadores forenses. Estes programas mostram adequadamente alguns aspetos da investigação da cena do crime, mas acabam por introduzir certos elementos mais fictícios, enquanto omitem outros que talvez seriam menos importantes numa perspectiva de telespectador. No entanto, temos de admitir que





é impossível colocar em 40 minutos de episódio todos os procedimentos corretos...certas pesquisas nas bases de dados de impressões digitais não são totalmente fiáveis (após identificação pelo computador, os peritos necessitam de fazer uma comparação visual para obter a impressão mais correta). Em termos científicos, o CSI perde, por vezes, o fio à meada, embora se mantenha realmente fiel às bases mais importantes.

Devem ser tomadas algumas precauções na sala de aula de forma a evitar este efeito, tais como, relacionar o projeto realizado na sala de aula com um ou mais casos reais, comparando a qualidade das provas científicas e a sua importância para a resolução do mistério. É importante e ao mesmo tempo esclarecedor usar exemplos, em que as provas foram usadas para exonerar o suspeito e não para o incriminar, como é comum na maioria dos episódios de televisão. Também seria útil desenvolver atividades em que o suspeito ou suspeitos são inocentes. A maioria das atividades consiste em comparar resultados e encontrar um culpado. Isso cria vícios no processo, o aluno é induzido a escolher um dos suspeitos e muitas vezes é levado a fazer coincidir os seus resultados com um valor de referência tido como “correto”. Situação esta que não pode acontecer na vida real, por questões éticas, profissionais e humanas. Uma atividade em que nenhum dos suspeitos é culpado obrigará os alunos a repensar as suas abordagens e até mesmo a estarem atentos para possíveis fraudes ou erros processuais que poderão acontecer nos tribunais, ou seja, dados forenses que são manipulados e posteriormente apresentados em tribunal. Este tipo de atividade reforça o quanto é importante manter a objetividade, em qualquer ramo da ciência. O desenvolvimento de uma atividade onde as provas são contraditórias e/ou inconclusivas pode fazer com que os alunos se sintam desconfortáveis perante a incerteza. Na maioria das atividades práticas que são efetuadas em laboratórios escolares os alunos são orientados a obter a resposta correta. Esta situação está longe de ser a realidade enfrentada pelos cientistas forenses, que geralmente trabalham com informações, recursos e tempo limitados. Não se pretende que os alunos desconfiem daquilo que é divulgado na televisão, mas devem estar conscientes que há técnicas e processos, umas vezes demasiado simplificados, outras vezes exagerados, na forma como são transmitidos e, por isso, o aluno deve estar atento e ser crítico. O objetivo principal destas séries televisivas é atingir o sucesso comercial



(audiências) e, para isso, foram necessários alguns sacrifícios, a verdade científica, por vezes, foi sacrificada, numa tentativa de simplificação. Nas séries televisivas todas as evidências são concretas e capazes de fornecer um diagnóstico conclusivo, a tal “resposta correta”. Na vida real não é assim tão fácil, o criminoso mente, o técnico interpreta erradamente as provas. Com a apresentação de algumas limitações, os alunos poderão ter a noção de que existem limites para o que a ciência pode fazer. Será uma atividade bastante desafiadora. Nas séries televisivas é comum existir um banco de dados sem lacunas, na vida real esta base de dados ainda apresenta falhas. Por isso, é importante criar atividades que obriguem o aluno a selecionar o material para análise, ou então fornecer apenas um subconjunto de dados para comparação. Isto levará os alunos a pensar mais criticamente sobre a gestão de recursos, terão de planear as abordagens analíticas mais adequadas e, ainda, justificar as opções tomadas<sup>[13]</sup>.

#### 1.4| A utilização de atividades CSI na sala de aula

Como afirmam *Hernández e Robles*<sup>[14]</sup>, as estatísticas demonstram de forma irrefutável que a televisão é o meio de comunicação preferido pelo grande público. Atualmente, a televisão faz parte das nossas vidas, acompanhando-nos no nosso percurso existencial, servindo-nos não raras vezes como instrumento de socialização, pelo qual muitas vezes orientamos, quer as nossas ações, quer os nossos padrões de consumo. Neste contexto, o aumento significativo de séries televisivas que abordam temas referentes às ciências forenses auxiliam na construção de situações que possibilitam o desenvolvimento cognitivo devido ao grande interesse que estas séries despertam, principalmente no público adolescente.

As Ciências Forenses abrangem diferentes ramos de investigações ligadas às Ciências Físicas e Naturais, tornando-se, por isso mesmo, um forte aliado no ensino das ciências, uma vez que a transdisciplinaridade em sala de aula é um tema importante e deverá ser sempre explorado pelo professor.

Aumentar o nível de entendimento público da Ciência é hoje muito mais que uma necessidade, é um desafio diário na vida dos professores. Por tal motivo, é



necessário elaborar estratégias para que os alunos possam entender e aplicar os conceitos científicos básicos nas situações diárias. Para Valadares<sup>[15]</sup>, o conhecimento deve ser transportado para o dia-a-dia das pessoas, pois os estudantes não estão mais interessados nas ciências ensinadas de acordo com os métodos tradicionais. No entanto, os professores ainda não sabem lidar com esta exigência e é cada vez mais difícil conciliar, na sua globalidade, a vida escolar com a preparação de atividades que possam enriquecer as aulas, porque isso exige, acima de tudo, tempo.

Neste contexto, compete aos professores refletir sobre o verdadeiro objetivo do ensino das ciências na atualidade e sobre os métodos empregados por eles na sala de aula. A utilização de recursos didáticos alternativos no ensino das ciências serve para que o aluno descubra o seu próprio mundo e entenda que a Ciência é parte desse mundo e não um conteúdo separado da sua realidade. É um método que complementa o ensino das ciências e não implica o abandono dos métodos tradicionais. Entretanto, os alunos não são ensinados a realizar estas ligações críticas entre os conhecimentos sistematizados na sala de aula com os assuntos das suas vidas diárias, como afirma *Cobern*, et al<sup>[16]</sup> "eles parecem separar o conhecimento e as habilidades adquiridas na escola do seu mundo fora da sala de aula". Na sua grande maioria, as instituições de ensino não têm condições de proporcionar aos alunos todas as informações científicas de que estes necessitam para compreender o seu mundo e realizar tais ligações. Por isso, e no âmbito da abordagem de alguns conteúdos programáticos, podem ser planejadas várias visitas de estudo, como por exemplo, às instituições de ensino superior, porque estas normalmente possuem equipamentos que não existem nas escolas básicas e secundárias. É dever da escola, ao longo da vida escolar dos alunos, proporcionar iniciativas adequadas, para que os alunos saibam como e onde buscar os conhecimentos que necessitam para a sua vida diária. Os mesmos autores afirmam que as actividades pedagógicas desenvolvidas que se apoiam em espaços “não formais” como museus, a *Internet*, programas de televisão, entre muitos outros, poderão proporcionar uma aprendizagem significativa, contribuindo para um ganho cognitivo e ao mesmo tempo promovendo uma ampliação dos conhecimentos dos alunos.

Nem sempre é fácil encontrar uma temática que estabeleça ligações entre a vida quotidiana e os conceitos a serem lecionados. A contextualização dos problemas e a



interdisciplinaridade dos assuntos são desejados, mas de abordagem difícil e poucas vezes aplicada. Pretende-se com este trabalho demonstrar a utilidade das técnicas vulgarmente utilizadas na perícia criminal no ensino das ciências. A sua utilização desperta o interesse, a curiosidade e aumenta a motivação dos alunos. Ainda que nem sempre seja possível criar o tal cenário, o uso destas séries favorece a contextualização dos conceitos e conteúdos a serem abordados na sala de aula, facilitando o processo de ensino-aprendizagem.

### 1.5| Ciências forenses na sala de aula e interdisciplinaridade

Em muitos episódios de *CSI: Crime Scene Investigation*, os protagonistas chegam a um local de crime e deparam-se com uma mancha suspeita. Quase que imediatamente um dos investigadores retira um *swab* (uma espécie de haste flexível longa com um pouco de algodão nas pontas) do material de apoio que transporta consigo e humedece-o em soro fisiológico, passa sobre a mancha, pinga algumas gotinhas de um líquido transparente que já estava no seu *kit* pericial e, instantaneamente, o algodão muda de cor, tornando-se uma coloração magenta intensa. Esses acontecimentos são geralmente seguidos de uma música de suspense, uma feição de *Sherlock Holmes* e uma frase de efeito do tipo “É sangue!”. No entanto, quais os fundamentos por trás desse procedimento? Como é possível determinar se uma mancha é ou não é sangue por meio de uma haste flexível com uma ponta de algodão humedecida?

O professor pode facilmente simular este cenário, para isso basta reunir um conjunto de soluções e materiais facilmente localizados no laboratório ou supermercado. No início da aula o professor pode começar por mostrar aos alunos da turma um vídeo como o do episódio 3 - *Escadas para o paraíso* (36 min 20s – 37 min 15s) da sexta temporada, da série CSI – Crime Sob Investigação. O professor utiliza a polémica de descobertas científicas para explorar conceitos e princípios relacionados, promovendo desta forma a interação do conteúdo escolar com a vida discente. Esta demonstração é relativamente simples de efetuar e pouco dispendiosa. Para que os alunos resolvam o problema proposto pelo professor, basta que sigam o teste presuntivo



de detecção de sangue criado pelo químico Fritz Feigl<sup>[17]</sup> – o *spot test*, como é mais conhecido.

O *spot test* aplica-se a reações químicas sensíveis e seletivas em que a principal característica é a manipulação de pequenos volumes da substância desconhecida e do(s) reagente(s) (e obtenção de resultados rápidos). Caso o resultado da reação entre o(s) reagente(s) e a substância desconhecida seja positivo, o produto formado pode ser identificado a olho nu, seja por modificação de cor ou por formação de precipitado. Esse método é aplicável tanto para compostos inorgânicos como orgânicos e, em geral, são procedimentos extremamente simples, rápidos e de baixo custo.

A conclusão importante que resulta deste enquadramento é que muitos testes poderão estar acessíveis a estudantes de diferentes níveis do ensino escolar e dependem de materiais de fácil acesso, tendo, assim, grande potencial como ferramenta de ensino. Abordaremos, portanto, os conceitos por trás do teste presuntivo exemplificado, mostrando o seu mecanismo de funcionamento e interpretação. Antes de minuciar o teste, é necessário relembrar quais são os componentes do sangue – começa aqui a interdisciplinaridade: as aulas de Biologia devem abordar essa questão. O sangue compõe-se basicamente de células vermelhas (hemácias), células brancas (leucócitos) e do plasma. As hemácias têm função vital nas trocas gasosas e no transporte de gases por todo o organismo e desempenham essa função por meio de uma molécula protéica que dá origem à sua cor: a hemoglobina. Essa molécula é composta por quatro subunidades polipeptídicas, cada uma das quais contendo um grupo heme que possui um átomo de ferro. Desde o século XIX, sabe-se que a hemoglobina possui atividade catalítica típica de uma peroxidase. Com base nesse comportamento catalítico, alguns testes presuntivos para constatação de sangue foram propostos, entre eles, o que os roteiristas das séries televisivas não se cansam de mostrar. Trata-se do teste que utiliza um reagente denominado *Kastle-Meyer*. A preparação do reagente de *Kastle-Meyer* é simples. Basta fazer uma solução de hidróxido de sódio (20 g de NaOH adicionados a 90 mL de água destilada) e adicionar 1g de fenolftaleína dissolvido em 10 mL de etanol. Aqui é possível abordar o conceito de indicador ácido-base na sala de aula: a solução ficará com uma cor carmim, pois a fenolftaleína adquire essa cor quando o pH está acima de



8,0 e também poderá abordar o tema como preparar uma solução de concentração conhecida e de forma rigorosa.

Adicionando 20 g de pó de zinco metálico à solução e aquecendo-a em fogo brando, é possível visualizar o desaparecimento da cor carmim, dando lugar a uma solução incolor. Eis aqui uma oportunidade de explorar fundamentos de oxidação - redução: a solução torna-se transparente devido ao hidrogénio nascente que é dotado de propriedades redutoras e reduz o indicador.

Preparada a solução, já é possível proporcionar aos alunos a experiência de ser um *CSI - investigator* por alguns instantes. No entanto, quais os fundamentos por trás desse teste presuntivo que explicam esse resultado? Ao adicionar-se água oxigenada (peróxido de hidrogénio), a atividade catalítica das moléculas de hemoglobina entra em ação e decompõe o peróxido em água e oxigénio nascente. Este último reage com a fenolftaleína, transformando-a na sua forma oxidada (carmim). Repare-se que o efeito catalítico é mais um conceito que pode ser explorado pelo professor.

Seria prudente ainda explorar as equações das reações envolvidas com os alunos, frisando o entendimento preciso do funcionamento do teste. A partir daí, caberia uma discussão sobre possíveis falsos positivos: qualquer substância que apresente atividade de uma peroxidase resultaria num resultado positivo no teste. Alguns interferentes são o suco gástrico, sais de ferro, qualquer substância oxidante que é capaz de decompor a molécula de peróxido de hidrogénio,  $H_2O_2$ .

Além disso, é importante referir que o resultado positivo para o teste colorimétrico, ainda que seja sangue, não necessariamente será sangue humano. Todos os vertebrados e alguns poucos invertebrados possuem hemoglobina como metaloproteína responsável pelo transporte dos gases respiratórios e, portanto, o sangue de qualquer desses organismos resultaria em cor carmim no teste. Daí a presunção do teste: o resultado positivo não descarta a possibilidade de ser sangue (humano). Existem outros testes bioquímicos que são específicos para a constatação de sangue humano, como o teste indireto de *Coombs*<sup>[18]</sup>.



## 1.6| As atividades extra-escolares

As atividades apresentadas nesta tese foram selecionadas de modo a que possa existir um acompanhamento ao longo das matérias lecionadas no terceiro ciclo e secundário de acordo com o programa do Ministério da Educação.

Todos os alunos experimentam (individualmente ou em grupo) e interagem com os materiais e objetos a analisar. As atividades podem ser introduzidas de forma a comemorar o Dia da Ciência, ou como atividade de um Clube de Ciências, ou de Departamento. E porque não criar na escola o Clube das Ciências Forenses, nos quais poderão ser realizadas todas as atividades sugeridas nos **capítulos 2 e 3**?

Embora a organização de visitas a outras instituições seja bastante trabalhosa para o professor, traz muitas vantagens relativamente à motivação dos alunos. Vários locais de estudo podem ser apropriados para apoiar os tópicos de Ciências Forenses tais como, laboratórios de análise de uma universidade, o Instituto de Medicina Legal, o Laboratório da Polícia Judiciária (no Porto), ou até a carreira de tiros da Polícia Judiciária (para demonstrar o teste químico para resíduos de pólvora, por exemplo). Em todos estes casos, o maior benefício da atividade pode ser atingido com uma visita prévia do professor, podendo assim preparar os objetivos específicos da visita no local e uma análise posterior, depois de regressar novamente à sala de aula.

## 1.7| Conclusão

As atividades descritas nos **Capítulos 2 e 3** foram selecionadas com o objetivo de facilitar as aprendizagens de alguns conteúdos e conceitos abordados ao longo do terceiro ciclo e secundário, que constam nos programas do Ministério da Educação homologados para a disciplina de Física e Química.

A abordagem que é aqui apresentada permitirá ao professor tornar as suas aulas mais motivadoras e estimulantes, cativar a atenção do aluno e despertar o interesse da turma nas novas matérias e na aula. Permite ao professor a apresentação de protocolos experimentais que se afastam da “receita tradicional”.



## 1.8| Bibliografia e referências

[1] **Impressões digitais** - tecnicamente datilograma ou dermatóglifo, é o desenho formado pelas papilas (elevações da pele), presentes nas polpas dos dedos das mãos, deixado numa superfície lisa. As impressões digitais são únicas em cada indivíduo, sendo distintas inclusive entre gêmeos univitelinos. Tal característica, chamada *unicidade*, as faz serem utilizadas como forma de identificação de pessoas há séculos.

[2] **Malpighi - Marcello Malpighi** (*Crevalcore*, 10 de março de 1628 - Roma, 29 de Novembro de 1694) foi um médico, anatomista e biólogo italiano. Foi pioneiro na utilização do microscópio, sendo considerado por muitos um dos fundadores da fisiologia comparativa e da anatomia microscópica. Várias estruturas fisiológicas foram nomeadas em sua homenagem, como o corpúsculo de *Malpighi* (nos rins humanos) e os túbulos de *Malpighi* (sistema excretor de alguns invertebrados).

[3] **Interpol - Organização Internacional de Polícia Criminal**, é uma organização internacional que ajuda na cooperação de polícias de diferentes países. Foi criada em Viena, na Áustria, no ano de 1923, pelo chefe da polícia vienense *Johannes Schober*, com a designação de *Comissão Internacional de Polícia Criminal*.

[4] **FBI - Federal Bureau of Investigation** (Departamento Federal de Investigação), é a unidade primária do Departamento de Justiça dos Estados Unidos, servindo tanto como um organismo investigativo criminal de âmbito federal como serviço de inteligência nacional. O FBI tem jurisdição investigativa sobre as violações de mais de duzentas categorias de crimes federais.

[5] **CSI - Crime Scene Investigation**, também conhecido como CSI ou ainda CSI: Investigação Criminal, no Brasil e Crime Sob Investigação, em Portugal, é uma série dramática muito popular do canal norte-americano CBS. A série é centrada nas investigações de um grupo de cientistas forenses do departamento de criminalística da polícia de Las Vegas. Estes cientistas, designados CSI's (*Crime Scene Investigators*), desvendam crimes e mortes em circunstâncias misteriosas e pouco comuns. A série, criada por *Anthony E. Zuiker*, estreou em Outubro de 2000, nos Estados Unidos e em Abril de 2001, no Brasil. Foram criados dois *spin-offs* da série: CSI: Miami e CSI: New York. É a série dramática de maior sucesso nos Estados Unidos. Os seus roteiros





inteligentes e casos sensacionais fazem com que CSI seja para muitos a melhor série do género policial. Disponível em DVD.

<sup>[6]</sup> **Bones** é uma série televisiva exibida tanto nos Estados Unidos, Brasil pelo canal FOX, Rede Globo e em Portugal pelo canal 2 e pela FOX. É muito levemente baseada na vida da médica legista *Kathy Reichs*, que é uma das produtoras do programa. A personagem que dá o título à série, Dra. *Temperance “Bones” Brennan*, partilha o nome com a protagonista de vários policiais de *Reichs*. A série retrata a investigação de casos de assassinios investigados pelo FBI envolvendo os restos mortais das vítimas - especialmente ossos - que são analisadas pelos pesquisadores do *Jeffersonian Institution* comandados pela Dra. *Brennan* após terem sido trazidos pelo agente especial *Seeley Booth*. Disponível em DVD.

<sup>[7]</sup> **Dexter** é uma premiada série televisiva do canal *Showtime*, exibida desde 2006 nos Estados Unidos, e desde 2007, no Brasil pelo canal FOX Brasil, e, em Portugal pela FOX Portugal. A série é baseada no livro *Darkly Dreaming Dexter*, de *Jeff Lindsay*, e conta a história de *Dexter Morgan*, um assassino em série que trabalha como analista forense especialista em padrões de dispersão de sangue, no departamento de polícia do Condado de Miami-Dade. *Dexter* é interpretado por *Michael C. Hall*. Valendo-se do facto de ser um “expert” forense em análise sanguínea e de trabalhar no Departamento de Polícia de Miami, *Dexter*, de um modo bem meticuloso e sem pistas, mata criminosos que a polícia não consegue trazer à Justiça. A série narra a trajetória da sua vida dupla por meio de *flashbacks* e, paulatinamente, vai revelando diversos segredos dos personagens, criando um ambiente de constante suspense. Disponível em DVD.

<sup>[8]</sup> **Criminal Minds** ou Mentis Criminosas é uma série da rede de televisão CBS sobre uma esquadra de elite do FBI que analisa as mentes criminosas do país e antecipa seus próximos movimentos antes de eles voltarem a cometer um crime. Quando não há outras pistas para um caso em série, o FBI pede ajuda à Unidade de Análise Comportamental Quântico. Enquanto detetives comuns estudam as evidências de um crime, a unidade analisa o comportamento do criminoso para chegar a uma lista de suspeitos. Eles investigam o crime de dentro para fora — sem examinar as provas no laboratório, estudam o comportamento dos criminosos nas cenas dos crimes ou onde eles vivem ou trabalham, para descobrirem o que eles pensam. Trabalham em grupo,



sendo que cada membro da equipa une as suas especialidades únicas, apontando as motivações dos predadores, identificando os seus “gatilhos emocionais” na tentativa de impedi-los. Disponível em DVD.

[9] **CESPU** – Cooperativa de Ensino Superior, Politécnico e Universitário. Rua Central de Gandra, 1317, 4585-116 Gandra PRD – Portugal

[10] **Universidade de Coimbra** - Praça da Porta Férrea, 3004-530 Coimbra – Portugal

[11] **Faculdade de direito da Universidade do Porto** - Rua Bragas n.º 223  
4050-123 Porto – Portugal

[12] **Efeito CSI** - um dos efeitos secundários referido por alguns autores é que a maneira como a ciência é usada para resolver crimes na televisão levou a um aumento das expectativas do público da ciência e a um mal-entendido de como a ciência forense realmente funciona.

[13] E. Bergslien, “Teaching to Avoid the CSI effect”, *Journal of Chemical Education*, 83, 2006, 690-691.

[14] <http://www.webartigos.com/artigos/ciencias-forenses-em-sala-de-aula/9772/>

[15] <http://www.webartigos.com/artigos/ciencias-forenses-em-sala-de-aula/9772/>

[16] <http://www.webartigos.com/artigos/ciencias-forenses-em-sala-de-aula/9772/>

[17] <http://cienciahoje.uol.com.br/alo-professor/intervalo/sangue-giz-e-reagentes>

[18] Claudemir Rodrigues Dias Filho, “A Perícia Criminal e a Interdisciplinaridade no Ensino das Ciências Naturais”, 32, Maio 2010, 67-72.

[19] [http://pt.wikipedia.org/wiki/Qu%C3%ADmica\\_forense](http://pt.wikipedia.org/wiki/Qu%C3%ADmica_forense), “Química Forense”, Data de consulta: 1 de Novembro de 2011.

[20] <http://alkimia.tripod.com/curiosidades/forense.htm>, Data de consulta: 23 de Abril de 2013.

[21] <http://mundoprofissional.jimdo.com/o-trabalho/ci%C3%A2ncias-forenses-e-criminais/>, “Ciências Forenses e Criminais”, Data de consulta: 1 de Novembro de 2011.

[22] <http://forense.host22.com/ciencias-forenses-em-portugal/>, “Ciências Forenses, realidade ou pura ficção?”, Data de consulta: 1 de Novembro de 2011.

**CAPÍTULO 2**  
**MATERIAIS E EQUIPAMENTOS**

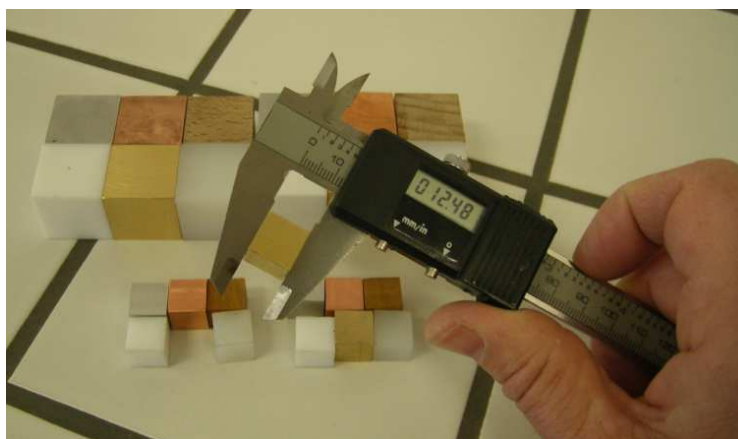


Neste capítulo serão apresentados os materiais e equipamentos a utilizar nas atividades descritas no **capítulo 3**, como e onde foram preparados ou obtidos. Nalguns casos foram preparados materiais específicos para a realização de determinadas atividades, noutros casos divulga-se onde podem ser adquiridos/comprados juntamente com o custo aproximado em 2012. Também são apresentados os cuidados de segurança a ter na realização de cada uma das atividades e os respetivos procedimentos adotados.

## 2.1| IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE SÓLIDOS E LÍQUIDOS

### 2.1.1| Cubos para avaliação de densidades de sólidos regulares

Dois conjuntos de 12 cubos cada, fabricados a partir de amostras de metais, polímeros e madeiras foram preparados nas Oficinas Gerais da Universidade do Minho. Os materiais foram trabalhados de modo a produzir cubos com dimensões de aresta de 25 mm ou 12,5 mm (**Figura 2.1**). As especificações dos materiais utilizados são incluídas na **Tabela 2.1**, juntamente com a identificação do fornecedor. As dimensões dos cubos foram avaliadas com o uso do paquímetro também ilustrado na **Figura 2.1**.



**Figura 2.1|** Cubos de vários materiais preparados para a Experiência 1

**Tabela 2.1** | Caracterização dos cubos fabricados para a Experiência 1

Material	Densidade <sup>1</sup> (g.cm <sup>-3</sup> )	Massa (g)	Dimensões (c x l x a)	Fornecedor
Alumínio	2,70	43,829	25,03   25,03   25,07	Goodfellow Ltd <sup>a)</sup> , Reino Unido
	2,79 – 2,84	5,550	12,47   12,49   12,57	
Cobre	8,94	138,563	25,03   25,88   24,97	Boia e Irmão <sup>b)</sup> , S.A., Aveiro
	8,57 – 8,89	17,513	12,54   12,53   12,54	
Latão	8,4 – 8,73	130,210	24,97   25,28   25,12	Importubos <sup>c)</sup> , Matosinhos
	8,20 – 8,36	16,265	12,41   12,55   12,49	
Nylon	1,13-1,15	17,925	25,16   25,08   25,08	Pinhol <sup>d)</sup> , Porto
		2,206	12,45   12,47   12,41	
Teflon	2,16	34,109	25,08   25,10   25,08	Pinhol <sup>d)</sup> , Porto
		4,178	12,50   12,58   12,46	
Madeira	f)	12,196	25,08   24,78   25,04	Oficinas de Madeira <sup>e)</sup> , UM
		1,668	12,56   12,57   12,55	

a) *Goodfellow Cambridge Ltd., Ermine Business Park, Huntingdon, PE29 6WR, Reino Unido*

b) *Boia e Irmão S.A., Caís do Paraíso 13, Apartado 56, 3810-146 Aveiro*

c) *Importubos, Comércio de Ferro Lda., Rua da Bateria 267, Leça Palmeira, 4450-801 Matosinhos*

d) *Pinhol S.A., Rua Eng. Ferreira Dias 253, 4100-247 Porto*

e) *Oficinas Gerais da Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga*

f) Optou-se por não colocar um valor porque a densidade da madeira varia em função do tipo de madeira utilizado

### 2.1.2 | Determinação da densidade de um sólido pelo método indireto (método tradicional)

As massas dos cubos de materiais diferentes foram avaliadas pelos alunos com a ajuda de uma balança analítica. Seguidamente, estimou-se o volume de cada um dos cubos, medindo cada uma das arestas com uma craveira (da marca e modelo *Digital Caliper Neiko USA*, custo cerca de 15 euros). Foi também avaliado o volume dos cubos pelo método de deslocamento usando uma proveta. O cálculo da densidade foi feito recorrendo ao cociente massa do cubo/volume do cubo.



### 2.1.3| Determinação da densidade de um líquido pelo método direto

Para determinar a densidade de um líquido pelo método direto, mergulhou-se o densímetro cuidadosamente e sem tocar no fundo, nem nas paredes da proveta, onde previamente se colocou o líquido do qual se pretendia medir a densidade. Estimou-se o valor da densidade do líquido pela leitura na escala do densímetro.



**Figura 2.2|** Densímetro para líquidos

### 2.1.4| Determinação da densidade relativa de um sólido pelo método do picnómetro

Pesou-se o sólido a caracterizar numa balança analítica. Os sólidos usados nesta atividade podem ser fragmentos de chumbo e/ou de cobre (**Figura 2.3**) ou outros metais disponíveis. Encheu-se cuidadosamente o picnómetro com água, evitando a formação de bolhas de ar. Pesou-se com o sólido ao lado, ou seja, no mesmo prato da balança. Caso se formem bolhas de ar estas foram eliminadas usando um fio de cobre. A seguir introduziu-se o sólido no picnómetro, tapou-se e retirou-se a água até ao traço de referência com uma torcida de papel e pesou-se o conjunto. A densidade relativa foi determinada usando a razão  $m_{\text{sólido}}/(m(\text{pic. e sólido ao lado}) - m(\text{pic. e sólido dentro}))$  em relação à água, à temperatura da experiência que é necessário medir. Como o pretendido é calcular a densidade relativa do sólido em relação à água a 4 °C é necessário multiplicar por um fator de correção que corresponde à densidade relativa da água à temperatura da experiência:



$$d = \frac{m(\text{sólido})}{m(\text{pic. e sólido ao lado}) - m(\text{pic. e sólido dentro})} d(\text{água à temperatura da experiência})$$



**Figura 2.3|** Fragmentos de chumbo e cobre

**Tabela 2.2|** Densidade relativa da água a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	$d_{\text{água}}$	Temperatura (°C)	$d_{\text{água}}$
5	0,999 99	17	0,998 82
6	0,999 97	18	0,998 64
7	0,999 93	19	0,998 45
8	0,999 88	20	0,998 25
9	0,999 81	21	0,998 04
10	0,999 73	22	0,997 82
11	0,999 64	23	0,997 59
12	0,999 54	24	0,997 35
13	0,999 41	25	0,997 10
14	0,999 29	26	0,996 83
15	0,999 14	27	0,996 57
16	0,998 99	28	0,996 29



### 2.1.5| Determinação da densidade relativa de um líquido pelo método do picnómetro

Pesou-se, numa balança analítica, o picnómetro para líquidos vazio. Encheu-se o picnómetro com o líquido (ou solução) a analisar evitando a formação de bolhas de ar. As bolhas de ar aderentes à parede foram eliminadas tocando-lhes com um fio de cobre. Encheu-se novamente o mesmo picnómetro com água e pesou-se. A densidade relativa foi determinada recorrendo à expressão:

$$d = \frac{m(\text{pic.} + \text{líquido}) - m(\text{pic. vazio})}{m(\text{pic.} + \text{água}) - m(\text{pic. vazio})} d(\text{água à temperatura da experiência})$$

### 2.1.6| Amostras de pneus de veículos industriais e de passageiros

Um fabricante de pneus (Continental, Lousado) forneceu seis amostras de pneus comercializados no mercado europeu. Estas amostras foram selecionadas pelo engenheiro responsável pelo controlo de qualidade da fábrica de modo a incluir composições de borracha/aditivos diferentes. Estas composições foram desenvolvidas pelo fabricante para responder à necessidade diferente de comportamento técnico (consumo de combustível, estabilidade dinâmica, eficiência em travagem e desgaste e em condições de piso molhado) para subsectores de mercado de veículos de passageiros e comerciais.

A densidade dos fragmentos removidos do rasto de cada amostra de pneu podem ser avaliados por imersão em soluções de glicol de etileno (anticongelante, *anti-freeze*) ou glicerol. Estes líquidos são facilmente obtidos e miscíveis com água, de modo a fornecer soluções de uma gama de densidades por diluição.

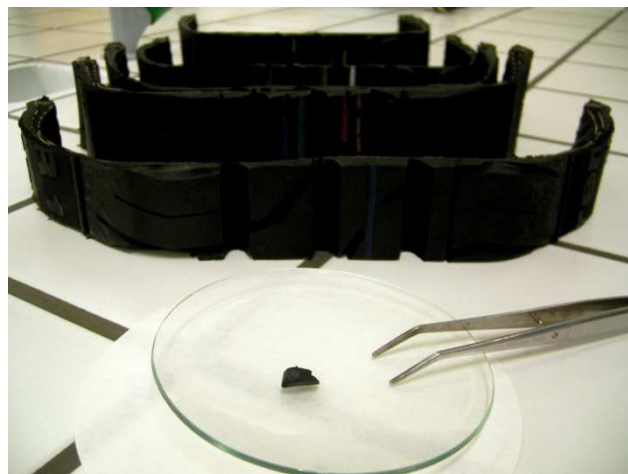
As características técnicas destes pneus são registadas nas **Tabelas 2.3** e **2.4** e a estrutura típica de um pneu está ilustrada na **Figura 2.5**.





**Tabela 2.3|** Caracterização dos fragmentos de pneus para a Experiência 1

<b>Modelo (Continental)</b>	<b>Massa</b>	<b>Dimensões c x l x a</b>
ContiEcoContact5	1,1132	12,9
ContiEcoContact3	1,2613	18,1
ContiPremiumContact2	1,1631	13,1
ContiSportContact5	1,2322	17,9

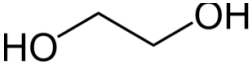
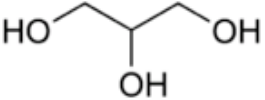


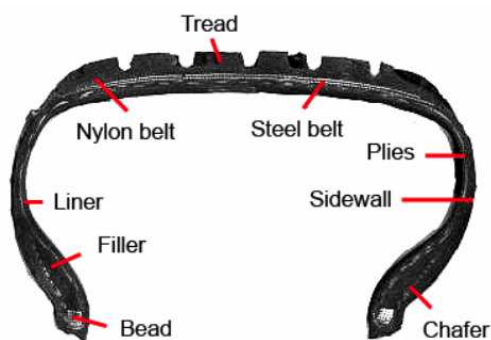
**Figura 2.3|** Imagem dos fragmentos de amostras de pneus



**Figura 2.4|** Fragmentos de borracha imersos em soluções de glicol de etileno

**Tabela 2.4** Características técnicas dos líquidos utilizados para comparação de densidades

Composto	Estrutura	Densidade g/cm <sup>3</sup>	Fornecedor
Glicol de etileno, ponto de fusão (-12,9 °C)	 C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	1,1132	Aldrich
Glicerol, ponto de fusão (-18,1 °C)	 C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	1,2613	Panreac, 87 wt% água 12-14 wt%

**Figura 2.5** Estrutura de um pneu comercial**Tabela 2.5** Composição genérica de pneus (veículos passageiros)

Componente	wt %	outros aditivos
borracha natural	14	enxofre ou compostos de enxofre (vulcanização), resinas fenólicas, óleos parafínicos, poliésteres, nylon, sílica, ceras de petróleo, gorduras e inertes
borracha sintética	27	
carvão em pó	28	
aço (fio e rede)	14 - 15	
têxteis técnicos e aditivos	16 - 17	
densidade (g.cm <sup>-3</sup> )	0,594	

### 2.1.7| Amostras de vidro fornecidas como sólidos irregulares

Não se sugere a realização experimental desta atividade na sala de aula por questões de segurança, para evitar que os alunos se cortem, pois teriam que ser utilizados fragmentos de vidro de formas irregulares, o que, de certa forma, potencializaria



cortes. Sugere-se então uma abordagem demonstrativa de uma situação que teria de ser resolvida pelos alunos, na sala de aula ou numa tarefa a ser realizada pelos alunos fora da sala de aula, numa atividade extracurricular ou num clube de ciências. Semelhante àquela que é apresentada no **Capítulo 3** na **secção 3.1** (Identificação e avaliação de sólidos e líquidos).

Um conjunto de 5 amostras de vidros diferentes (**Figura 2.6**) foi preparado e guardado em frascos de amostra para expor aos alunos. Os fragmentos irregulares foram recolhidos de várias fontes do laboratório, oficinas e vidrarias industriais. <sup>[5] a [11]</sup>

As características técnicas destas amostras são registadas na **Tabela 2.5**.

**Tabela 2.5**| Aplicações e características de vidros

Classe de vidro	Aplicações típicas	Densidade (g.cm <sup>-3</sup> )	Referências
Cristal ou “chumbo”	Vidro para copos, joias, objetos decorativos: 45% SiO <sub>2</sub> ; 4% Na <sub>2</sub> O; 4% K <sub>2</sub> O; 3% CaO; 44% PbO.	3,10 – 4,00	1, 2
Borosilicato (Pyrex)	Vidro para utensílios e formas de cozinha, vidro de laboratório: 13% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; 4% Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O; 2% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; 81% SiO <sub>2</sub> .	2,23	3, 4
Soda-lime	Vidro para janelas, copos, garrafas: 72% SiO <sub>2</sub> ; 13% Na <sub>2</sub> O; 12% CaO; 2% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	2,40 – 4,00	5, 6
Vidro reforçado	Vidro para portas e janelas de segurança ou para automóveis e aviões: 45% SiO <sub>2</sub> ; 4% Na <sub>2</sub> O; 3% CaO.	2,50 - 2,80	6, 7
Vidro de para-brisas	Vidro para para-brisas: 72% SiO <sub>2</sub> ; 14% Na <sub>2</sub> O; 10% CaO; 4% MgO.	2,50 - 2,60	7, 8



**Figura 2.6**| Amostras dos vidros analisados



## 2.2| IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS ALIMENTARES

### 2.2.1| Amostras selecionadas de óleos alimentares

Óleos alimentares de natureza e marcas diferentes foram adquiridos em supermercados de modo a formar um conjunto de 5 amostras para avaliar em aulas práticas com o espectrómetro descrito na **secção 2.7** (*SpectroVis Plus* - espectrómetro para caracterização de amostras). Os óleos vegetais foram escolhidos de modo a representar as classes mais frequentemente utilizadas em cozinhas domésticas e as características destes produtos foram registadas na **Tabela 2.6**. Foram apresentados aos alunos em frascos de plástico ou vidro não transparentes, identificados com letras de modo a não ser possível identificar o produto pela cor. Amostras dos mesmos óleos foram também fornecidos em frascos com identificação da natureza e origem do conteúdo (**Figura 2.7**), juntamente com os espectros registados na zona visível do espectro eletromagnético (**Figura 3.5**).<sup>[12] a [15]</sup>

**Tabela 2.6|** Fornecedores e características de óleos alimentares

Óleo	Fornecedor	Cor	Referências
azeite extra virgem 0,2% acidez	CARM, Casa Agrícola Roberedo Madeira Lda., Almendra	verde escuro	a)
azeite extra virgem 0,5% acidez	Oliveira da Serra, Sovena Portugal S.A., Algés.	verde claro	b)
óleo de girassol	Fula, Sovena Portugal S.A., Algés.	amarelo	b)
óleo de soja	OliSoja, Sovena Portugal S.A., Algés.	amarelo claro	b)
óleo de amendoim	Fula puro amendoim, Sovena Portugal S.A., Algés.	amarelo claro	b)
falsificado	preparado a partir de uma mistura de 50% azeite e 50% óleo de girassol	verde amarelado	-----

a) <http://www.carm.pt/english/produtos/azeites/index.htm> (Data de consulta: 23 de Fevereiro de 2012).

b) <http://www.sovena.pt>, (Data de consulta: 23 de Fevereiro de 2012).



**Figura 2.7|** Frascos escuros com amostras identificadas de óleos alimentares

### 2.2.2| Procedimento para a análise de óleos alimentares usando o espectrómetro

Uma das vantagens do uso do espectrómetro nesta atividade é a sua simplicidade de manuseamento. Por ter um sistema de deteção *in-line array* a estrutura do dispositivo é simples, sem monocromador, o consumo de energia é baixo, sendo possível funcionar pela porta USB de um computador portátil, e o registo do espectro demora pouco tempo. Para registar o espectro basta adicionar um pouco de água destilada na *cuvette* e esta é colocada na posição indicada do espectrómetro. O objetivo deste procedimento é calibrar o aparelho. O próximo passo é rejeitar esta água, secar a *cuvette* e colocar igual volume da amostra a analisar procedendo de modo idêntico.

### 2.3|CROMATOGRAFIA E TINTAS - CARACTERIZAÇÃO DE DOCUMENTOS

O procedimento aplicado na preparação das tiras de papel, a aplicação das amostras ou soluções de indicadores e o desenvolvimento dos cromatogramas foram os mesmos nos estudos de tintas de canetas diferentes e na caracterização cromatográfica de amostras de papel de escritório<sup>[16][17]</sup>. As várias etapas, descritas nesta secção, foram aplicadas com pequenas alterações em experiências analisadas e comentadas com maior pormenor no **Capítulo 3**.

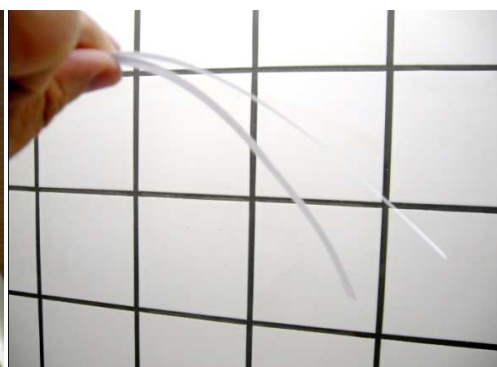


### 2.3.1| Preparação das tiras de papel/fase estacionária

Uma folha de papel de dimensão A4 foi removida da resma com contacto mínimo, de modo a reduzir qualquer contaminação fortuita da superfície. A folha foi cortada em duas partes iguais com a guilhotina (**Figura 2.8**) e duas setas desenhadas de modo a identificar os sentidos paralela (DM) e transversal (CM).



**Figura 2.8|** Corte de papel



**Figura 2.9|** Papel DM (superior) e CM

Várias tiras de 10 mm de largura e 130 mm de comprimento foram cortadas de modo a obter amostras de fase estacionária para um conjunto de várias experiências. A direção da orientação das fibras no papel foi verificada pela comparação da deflexão de duas tiras (**Figura 2.9**) apoiadas por uma extremidade. A folha que foi observada a defletir mais foi-lhe atribuída a identificação CM. Normalmente este sentido de orientação das fibras é perpendicular ao lado mais comprido do papel.

### 2.3.2| Marcação das tiras de papel

A tira de papel foi colocada em cima de uma folha de papel marcada com uma caixa de 20 x 20 mm. A extremidade da tira foi alinhada de modo a permitir a marcação de uma linha com um lápis, precisamente 20 mm da extremidade inferior (**Figura 2.10**). Esta linha serve para marcar a posição onde se deve colocar a amostra de tinta a analisar.



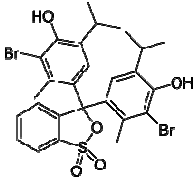
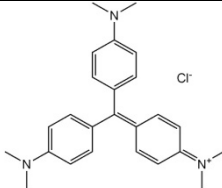
### 2.3.3| Colocação da amostra na fase estacionária

Um tubo capilar foi mergulhado na solução da amostra a estudar ou de indicador padrão (veja **Tabela 2.7**) e um pequeno volume desta solução foi aplicado com uma micro-pipeta capilar na linha de referência, de modo a formar uma mancha circular com um diâmetro de aproximadamente 3 mm.

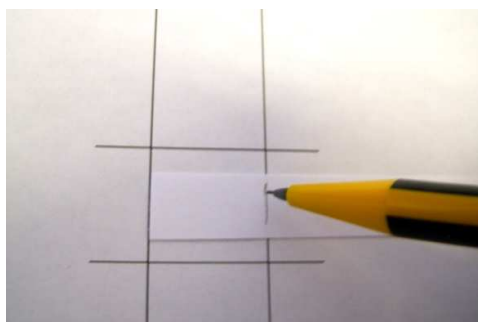
**Tabela 2.7|** Composição química dos indicadores

Indicador	Marca	Estrutura
Fucsina (ácida)	BDH $C_{20}H_{19}N_3 \cdot HCl$	
Fucsina (básica)	Merck $C_{20}H_{19}N_3$	
Verde Malaquita	Riedel $C_{23}H_{25}N_4Cl$	
Azul Metileno	Paurec $C_{16}H_{18}N_3SCl$	
Vermelho de cresol	Merck $C_{21}H_{17}NaO_5S$	
Rodamina B	Merck $C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$	

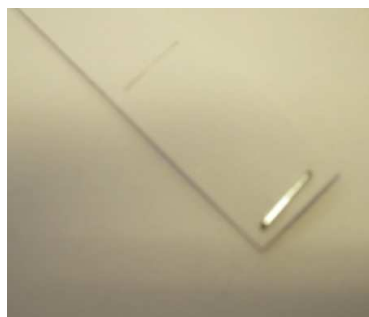


Azul de Bromotimol	May&Barker $C_{21}H_{14}SO_5Br_2$	
Violeta de Gentian	Difco Labs $C_{25}H_{30}N_3Cl$	

Um agrafo de 7 mm (ref. n.º 25) foi aplicado perto da extremidade inferior da tira e um disco de aço foi colocado como massa de alinhamento (**Figuras 2.11 a 2.14**). O tampo da câmara de desenvolvimento foi colocado na extremidade superior com a mola/crocodilo, de modo a reduzir a evaporação da fase móvel durante o processo de desenvolvimento do cromatograma e, em simultâneo, permitiu suportar o cromatograma.



**Figura 2.10**| Marcação do papel



**Figura 2.11**| Colocação do agrafo

### 2.3.4| Processo de desenvolvimento

Um volume de 5 mL do líquido ou mistura de líquidos foi transferido para uma proveta de 50 mL e a tira com massa de alinhamento e tampo/suporte foi colocado na proveta que serviu como câmara de desenvolvimento, como ilustrado nas **Figuras 2.12 e 2.13**. O nível da fase estacionária deve ser cerca de 5 mm inferior à linha de aplicação da amostra. O cromatograma foi desenvolvido durante um intervalo de tempo





suficiente, cerca de 60 min a 90 min, para a frente da fase móvel chegar até cerca de 10 mm do local do ponto de apoio e de aplicação da mola/crocodilo.

No fim do processo de desenvolvimento a tira da fase estacionária foi removida da proveta/câmara e a posição da frente da fase móvel foi imediatamente marcada com um lápis. O local de cada mancha, correspondente às componentes separadas das amostras, foi também marcado da mesma maneira. O valor de  $R_f$  de cada componente foi calculado de acordo com o procedimento ilustrado na **Figura 2.14**.

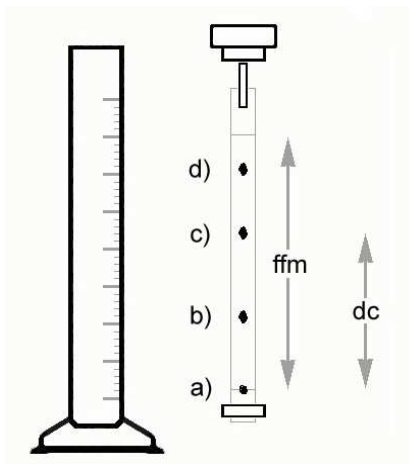
Na imagem da **Figura 2.14** as distâncias percorridas pelas componentes b), c) e d) são avaliadas a partir da linha de aplicação da amostra, indicado por a). De modo a calcular o valor de  $R_f$  da componente c), divide-se a distância **dc** pela distância percorrida pela frente da fase móvel, **ffm**.



**Figura 2.12** | Início de desenvolvimento



**Figura 2.13** | Eluição das amostras



**Figura 2.14** | Avaliação dos valores de  $R_f$



### 2.3.5| Caracterização das esferográficas

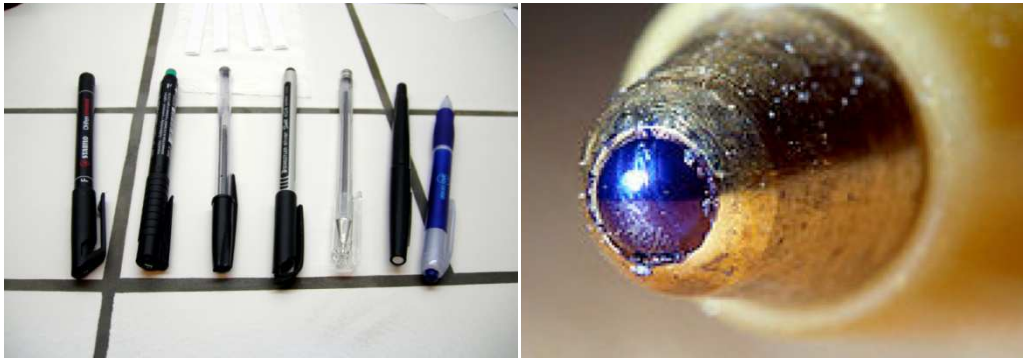
Várias esferográficas foram adquiridas e avaliadas como fontes de amostras de tintas para comparação com a técnica de cromatografia em papel. Embora mais do que dez esferográficas de marcas diferentes fossem caracterizadas, apenas sete foram selecionadas para estudos com os alunos (**Tabela 2.8**). A seleção foi efetuada com base na facilidade da separação de componentes das tintas, com fases móveis, fáceis de adquirir ou preparar em laboratórios escolares.

**Tabela 2.8|** Características das esferográficas escolhidas para avaliação

<b>Modelo / designação</b>	<b>Fabricante</b>
Multimark 1513 permanent <sup>a)</sup>	Faber-Castell GmbH, Wienerbergst 11, 1100 Wien, Austria
OHPen universal <sup>a)</sup>	Schwan-Stabilo GmbH, Schwanweg 1, 90562 Heroldsberg, Alemanha
Flair M <sup>a)</sup>	Papermate, 2707 Butterfield Rd, Oak Brook, iL 60523, EUA
PxStick AA998 <sup>b)</sup>	Ningbo Beifa Ltd, Jiangnan East Rd, Ningbo Zhejiang, China
Esferográfica <sup>b)</sup>	Pentel Co., Ltd, Osaka, Tokio, Japão
Silver Ball 404 <sup>b)</sup>	Staedler GmbH, Moosaeckertrasse 3, D-90427, Nuremberg, Alemanha
Sem modelo <sup>b)</sup>	Sem marca, caneta esferográfica utilizada em promoção ou publicidade

**a)** a designação *marker* ou marcador é tecnicamente reservada para canetas que podem ser utilizadas para escrever em superfícies não convencionais de escrita, incluindo pedra, vidro e metais.

**b)** as canetas identificadas como *ball-point*, *roller-ball* ou esferográficas espalham a tinta por rolamento de uma esfera metálica sobre a superfície de papel.



**Figura 2.15|** Canetas utilizadas

**Figura 2.16|** Esfera, canetas esferográficas

### 2.3.6| Aplicação das tintas das esferográficas ao papel cromatográfico

Na caracterização de tintas das canetas foi aplicado o mesmo processo de preparação de papel cromatográfico. Uma folha de papel de escritório foi cortada de modo a formar tiras de 10 mm de largura por 130 mm de comprimento. O papel foi marcado com uma linha de lápis a 20 mm de uma das extremidades. Um agrafo foi aplicado a 1 mm da ponta do papel e a caneta utilizada para colocar uma amostra circular de tinta, com um diâmetro de aproximadamente 3 mm, na linha de origem marcada. Um disco contrapeso foi aplicado na extremidade inferior do papel, a ponta superior foi colocada no clip de crocodilo e o papel foi suspenso na câmara de desenvolvimento. O desenvolvimento completo do cromatograma demorava tipicamente 1h 30min. Várias fases móveis foram avaliadas mas em quase todos os casos os melhores resultados foram obtidos com butanol ou pentanol. A quantidade de tinta que se utilizou em cada um dos cromatogramas foi difícil de controlar, por isso devemos limitar o número de aplicações da caneta no papel, por exemplo, marcar 3x o papel com a ponta da caneta e deve ser sempre a mesma pessoa a fazê-lo, ou então desenhar um círculo e depois preenchê-lo.

### 2.3.7| Recolha de amostras de tintas das esferográficas de papel

De acordo com os autores de um artigo sobre o estudo de tintas<sup>[1]</sup>, a melhor técnica para remover pequenos fragmentos de papel com tinta de um documento é com



a ponta de uma agulha hipodérmica. Esta técnica não foi de utilização simples e um processo mais conveniente, com uma peça fabricada em aço (**Figura 2.17 e 2.18**, Oficinas dos Serviços Técnicos da Universidade do Minho) foi desenvolvido. Este dispositivo funcionava como um furador de rolhas, removendo um disco de papel de



**Figura 2.17**| Recolha de amostras de tinta **Figura 2.18**| Recuperação dos discos

cerca de 1 mm de diâmetro. O disco de papel foi subsequentemente recuperado com um arame colocado no orifício lateral (**Figura 2.18**).

A piridina é uma substância orgânica com algumas características semelhantes ao benzeno, são ambas resistentes à oxidação, líquidos incolores e altamente tóxicas. O benzeno possui um aroma doce característico, enquanto que a piridina possui um cheiro intenso e desagradável e, por isso, deve ser usada na *hotte*. É uma substância que permite extrair facilmente a tinta do papel para subsequente utilização na cromatografia em papel e posterior comparação dos cromatogramas para verificarmos se se trata ou não do mesmo tipo de tinta. Tendo em conta as características da piridina, também se usou o metanol para a extração da tinta do papel. O metanol é um bom solvente polar e é fácil de encontrar comercialmente. Embora tenha uma certa toxicidade, sempre é mais fácil de usar do que a piridina. Foi avaliado como alternativa ao uso da piridina. A extração da tinta do papel com piridina ou metanol é um processo muito simples de executar, é suficiente colocar o papel marcado com tinta com 2/3 gotas de piridina ou metanol, como podemos observar na **Figura 2.19**.



**Figura 2.19**| Extração da tinta do papel usando piridina como solvente

### 2.3.8| Procedimento para obtenção de cromatogramas

Após preparação das tiras de papel/fase estacionária e marcação das tiras de papel colocaram-se várias amostras da tinta de referência na fase estacionária. Colocou-se cerca de 6 mL de solvente numa proveta e mergulhou-se a tira de papel/fase estacionária conforme se ilustra na **Figura 2.13**. Tipicamente, o desenvolvimento dos cromatogramas demorou em todos os casos cerca de 1h 30min.

### 2.3.9| Falsificação de cheques

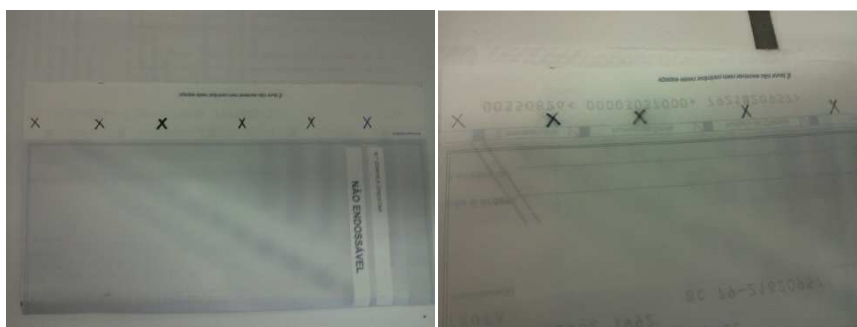


**Figura 2.20**| Cheques e canetas vulgarmente utilizados

O papel utilizado na impressão de cheques pessoais pode estar preparado para evitar possíveis tentativas de utilização fraudulenta. Para tentar avaliar o nível de



dificuldade de alterar os dados escritos num cheque foi efetuada uma experiência breve com canetas comuns e um cheque impresso de um banco conhecido. Para isso, o cheque foi marcado com uma cruz no verso, utilizando seis canetas diferentes. Cada cruz (**Figura 2.21**) foi subsequentemente sujeita à ação de uma série de solventes comuns (metanol, etanol e acetona) para determinar até que ponto seria fácil eliminar os resíduos de tinta e colocar novos dados no cheque (alterar valores e/ou assinaturas).



**Figura 2.21** | Marcação no cheque com diferentes canetas e aspeto após adição do solvente

## 2.4| LOCALIZAÇÃO DE MANCHAS DE SANGUE

### 2.4.1| Preparação de reagentes para o teste *Kastle-Meyer*

O teste conhecido como *Kastle-Meyer* é frequentemente aplicado como teste presuntivo para a presença de sangue em locais onde teve lugar um ato de violência<sup>[2]</sup>. Este teste é tecnicamente simples, de custo baixo, não destrutivo e fornece resultados quase instantâneos. Os reagentes são fenoltaleína e peróxido de hidrogénio. Estes reagentes podem ser adquiridos na forma de um *kit* de investigação forense (**Figura 2.22**) da empresa *Instruments Direct (Services) Ltd* com um custo aproximado de 12 euros (com o valor do iva incluído)<sup>[19]</sup>.

O procedimento utilizado é muito simples. Uma amostra do líquido identificado visualmente como sangue é recolhida num cotonete (*swab*) e junta-se uma gota de água oxigenada. Depois de poucos segundos, uma gota de fenoltaleína, é colocada no



cotonete. Se a amostra produz uma coloração cor-de-rosa o teste é designado como positivo para sangue e a amostra é enviada para testes de confirmação. Naturalmente este teste simples não é infalível<sup>[20]</sup> e as outras reações positivas são comentadas no **Capítulo 3**.



**Figura 2.22** | kit de teste *Kastle-Meyer* (Instruments Direct Ltd)

#### 2.4.2 | Procedimento para deteção de manchas de sangue

Uma pequena quantidade de carne (a mais barata) foi comprada no supermercado para demonstrar a aplicação do *spot test*. A carne foi cortada com uma faca de cozinha afiada e a quantidade de sangue transferida foi controlada de forma a permitir a passagem de apenas um vestígio de sangue. Foi colocada na *hotte* do laboratório, sobre uma superfície limpa, durante cerca de 10 minutos para deixar o vestígio de sangue secar e tornar-se praticamente impercetível à vista desarmada, de forma a que a superfície da faca parecesse limpa.



**Figura 2.23**| Pedaco de carne



**Figura 2.24**| Mancha de sangue na faca

O próximo passo foi utilizar um *swab* e humedecê-lo com um pouco de água destilada e passá-lo no resíduo de sangue. Em seguida, adicionou-se 2/3 gotas do reagente de água oxigenada e 2/3 gotas de solução alcoólica de fenolftaleína. Facilmente e rapidamente se detetou a alteração de cor transparente para carmim, como se pode observar na **Figura 2.25**.



**Figura 2.25**| Mudança de cor do reagente de *Kastle-Meyer*

## 2.5] IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE FIBRAS TÊXTEIS

### 2.5.1] Utilização do *kit Shirlastain Educational Testing*

A identificação de fibras têxteis pode ser realizada através de um teste muito simples e rápido, com as soluções fornecidas no *kit Shirlastain Educational Testing*<sup>[18]</sup>. Este *kit* é formado por um ou mais reagentes, onde as fibras devem ser mergulhadas. Este procedimento resulta numa mudança de cor da fibra (**Figura 2.27**), posteriormente





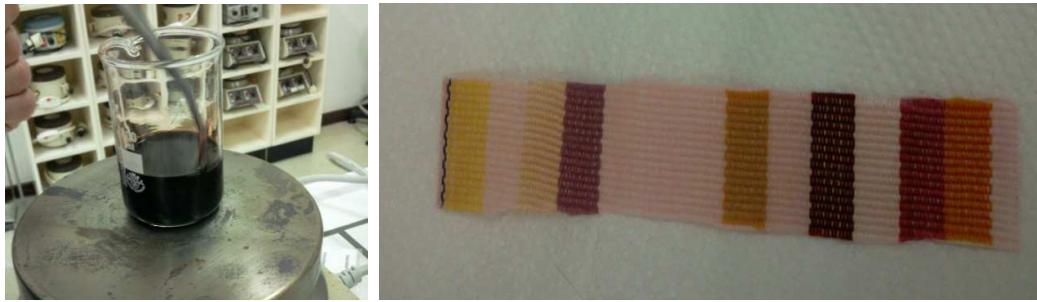
comparada com a cor de outras fibras já conhecidas. A aquisição deste *kit* pode ser feita recorrendo ao representante oficial da empresa em Portugal, Charles Small ([np75kk@mail.telepac.pt](mailto:np75kk@mail.telepac.pt)). Este *kit* tem um custo aproximado de 250 euros (este valor inclui o IVA). Inclui ainda um conjunto de fibras têxteis comuns e devidamente identificadas para posterior comparação (**Figura 2.25**).



**Figura 2.26** | *Kit Shirlastain Educacional Testing*

### 2.5.2 | Procedimento para a identificação de fibras têxteis

Um volume de aproximadamente 50 mL do reagente *Shirlastain A* foi colocado num copo de precipitação de 10 mL e aquecido numa placa de aquecimento até cerca de 60 °C (sem ferver) e mergulhar as fibras no reagente durante cerca de 1 minuto (**Figura 2.27**). Seguidamente, a amostra foi lavada com água corrente e deixou-se secar para posterior comparação com as amostras fornecidas no *kit* (seda, algodão, *rayon*, *poliéster*, *nylon*, linho, acetatos e acrílicos). A mudança de cor é quase imediata. O reagente não precisa de ser substituído antes de avaliar novas amostras, desde que as amostras utilizadas se encontrem em bom estado e a solução de indicação não fique significativamente contaminada.



**Figura 2.27**| Aquecimento do reagente *Shirlastain A* e mudança de cor das fibras após terem sido mergulhadas no reagente

## 2.6| Microscópio para visualização de amostras

Um microscópio binocular da marca *Apex*, modelo “*Examiner*” (disponível no site de *Amazon UK*, com um custo de aproximadamente 70 euros), com acessório de captura digital de imagem “*Minigrab*”, também da marca *Apex*, foi adquirido (*Amazon UK*, 80 euros) para visualização das amostras estudadas nas várias experiências desenvolvidas. As amostras foram colocadas na etapa do microscópio e iluminadas com a luz incidente da fonte interna do microscópio (**Figura 2.28**). A maioria das amostras foram caracterizadas com a ajuda do acessório “*Minigrab*” de aquisição de imagens digitais. Este acessório, fornecido com *software* de transferência e tratamento de imagens, foi colocado diretamente num dos tubos oculares e o cabo de ligação utilizado para permitir a transferência, visualização e captura da imagem num computador de mesa ou portátil. A ampliação disponível com o microscópio é de 10 a 50x, com as lentes fornecidas, e foi adequada para as experiências desenvolvidas. O microscópio foi utilizado para caracterização visual preliminar de amostras de tintas, de papel e de fibras de têxteis<sup>[19]</sup>.



**Figura 2.28**| *Apex* “*Examiner*”, microscópio binocular com acessório “*Minigrab*”



## 2.7| *SpectroVis Plus* - Espectrómetro para caracterização de amostras

Um espectrómetro da marca *Vernier*, modelo “*SpectroVis Plus*” (**Figura 2.29**), (disponível no site <http://www.calculadoras.com.mx/laboratorios-de-ciencias/sensores-vernier> e com um custo de aproximadamente 9 855 euros) foi utilizado para avaliar o comportamento de óleos alimentares e a solução *Shirlastain A* foi utilizada para identificar fibras têxteis.

A amostra a estudar foi colocada numa célula/cuvette de *pyrex* de 1 cm. As células fornecidas pelo fabricante, não foram utilizadas. O uso de amostras de azeite com estas células resultava na formação de um depósito na superfície interior. A remoção desta película com solventes ou detergentes danificava o plástico e tornou o material da célula menos transparente. Os espectros da zona de radiação eletromagnética visível foram registados entre 380 e 950 nm com uma resolução de 1 nm. O *software LoggerLite* oferecido pela empresa *Vernier* (juntamente com o espectrómetro) foi utilizado para adquirir e visualizar o espectro com um computador de mesa.



**Figura 2.29|** Espectrómetro *Vernier SpectroVis*



## 2.8| Bibliografia e referências

- [1] D.R. Lide, Chemical Rubber Handbook of Chemistry and Physics, 92nd Edit, CRC Press, Boca Raton, EUA, 2011.
- [2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Tire\\_manufacturing](http://en.wikipedia.org/wiki/Tire_manufacturing)
- [3] [http://www.rma.org/scrap\\_tire\\_markets/scrap\\_tire\\_characteristics/](http://www.rma.org/scrap_tire_markets/scrap_tire_characteristics/)
- [4] J.F. Shackledord, R.H. Doremus, “Ceramic and glass materials: structure, properties and processing”, Springer-Verlag, Dortmund, Alemanha (2008), p158.
- [5] [http://en.wikipedia.org/wiki/Lead\\_crystal](http://en.wikipedia.org/wiki/Lead_crystal), (Data de consulta: 22 de Fevereiro de 2012).
- [6] S.T. Rogove, M.B. Steinhauer, “Pyrex by Corning: a collector’s guide”, Crystal publications, ISBN 0-911410-94-X.
- [7] <http://www.us.schott.com>, (Data de consulta: 23 de Fevereiro de 2012).
- [8] <http://gpi.org/glassresources/education/> (Data de consulta: 25 de Fevereiro de 2012).
- [9] “Glass: a pocket dictionary”, Corning Museum, (2006), New York, EUA.
- [10] [http://en.wikipedia.org/wiki/Toughened\\_glass](http://en.wikipedia.org/wiki/Toughened_glass) (Data de consulta: 22 de Fevereiro de 2012).
- [11] <http://www.saflex.com/en/AutoReduceVehicleWeight.aspx> (Data de consulta: 11 de Março de 2012).
- [12] <http://www.oliveoilsource.com/page/how-taste> (Data de consulta: 22 de Fevereiro de 2012).
- [13] D. Escolar, M.R. Haro, J. Ayuso, “The color space of foods: virgin olive oil”, J. Agric. Food. Chem., 55(6) (2007) 2085-2093.
- [14] <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf203406s> (Data de consulta: 24 de Fevereiro de 2012).
- [15] G. Dierkest, A. Bongartz, H. Guth, H. Hayen, "Qualitative evaluation of olive oil by statistical analysis of multicomponent stable isotopedilution assay data of aroma active compounds", J. Agric. Food Chemistry, 60 (2012) 394-401.
- [16] Breedlove, C.H., J. Chem. Ed., 66 (1989) 170-171.
- [17] Descarregado do site [www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project\\_ideas/BioChem\\_p037](http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/BioChem_p037). Data de consulta: 28 de Junho de 2012.



[18] Descarregado do *site* [http://en.wikipedia.org/wiki/Kastle-Meyer\\_test](http://en.wikipedia.org/wiki/Kastle-Meyer_test) em 28 de Junho de 2012.

[19] Instruments Direct (Services) Ltd, Unit 8, The courtyard, Stenson Road, Coalville, Leicestershire, LE67 4JP, Reino Unido ([www.inds.co.uk](http://www.inds.co.uk), Data de consulta em 28 Junho de 2012).

**CAPÍTULO 3**  
**APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**



Neste capítulo será apresentado o enquadramento teórico e a discussão dos aspetos práticos de todas as atividades desenvolvidas no laboratório e, ao mesmo tempo, o seu enquadramento nas matérias lecionadas no 3.º ciclo do ensino básico e secundário, de acordo com os programas implementados pelo Ministério da Educação, da disciplina de Física e Química. Com este trabalho pretende-se ajudar o professor a preparar as suas aulas, em particular as de carácter experimental, tornando-as mais motivadoras, mais interessantes, mais espetaculares, criando um cenário que cativa a atenção do aluno.

A primeira atividade consiste na determinação da densidade de sólidos, para isso utilizou-se um conjunto de seis cubos, feitos de diferentes materiais e de diferentes dimensões, cujas características e propriedades foram apresentadas no **capítulo 2**, pelo método indireto (tradicional). É proposta também a avaliação da densidade de várias amostras de borrachas de pneus de veículos industriais e de passageiros e de diferentes amostras de vidro fornecidas como sólidos irregulares, pelo método do picnómetro. Nesta altura também é sugerida a determinação da densidade de líquidos pelo método direto, usando o densímetro e um picnómetro para líquidos.

Na segunda experiência aqui apresentada utilizaram-se várias amostras de óleos alimentares de marcas diferentes, de forma a avaliar o seu grau de pureza, ou seja, detetar as falsificações, para isso, utilizou-se um espectrómetro. Felizmente este equipamento é de fácil aquisição, apresenta um custo modesto e permite a obtenção de espectros com uma qualidade adequada.

Na terceira experiência utilizou-se um conjunto de várias canetas comuns, mas de marcas diferentes e de diferentes cores, de forma a averiguar semelhanças e diferenças entre tintas de canetas de marcas diferentes. Esta atividade envolveu vários cuidados na sua realização, desde a preparação das tiras de papel (fase estacionária), a marcação das tiras de papel, a colocação da tinta no papel e a escolha da fase móvel mais adequada. Ultrapassada esta fase de otimização das condições experimentais, os resultados foram bastante satisfatórios e a obtenção dos cromatogramas foi muito fácil.

Na experiência seguinte, uma experiência muito simples e tão comum nas séries televisivas para detetar manchas de sangue...o *spot test*. Para isso recomenda-se a aquisição de um *kit* de investigação forense, ou então, a preparação dos reagentes pode



ser realizada na aula, é muito simples e utiliza reagentes baratos e disponíveis em qualquer laboratório de química.

Para efetuar a última experiência é conveniente a prévia aquisição de um *kit Shirlastain Educational Testing*, para a identificação de fibras têxteis. A aplicação do teste *Shirlastain* é muito fácil, simples e rápido de realizar, experimentalmente, no laboratório.

### 3.1| IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE SÓLIDOS E LÍQUIDOS

A determinação da densidade de sólidos e de líquidos é uma experiência que pode ser aplicada de modo a abordar e explorar aspectos relevantes em Química Forense. São muitas as situações em que os investigadores se deparam com materiais que requerem a sua identificação ou comparação com outros materiais, para verificarem se se trata ou não, do mesmo material. Como por exemplo, no local do crime de atropelamento e fuga, os investigadores encontram um vestígio de borracha de um pneu e há um carro suspeito com os faróis frontais reparados e pintados recentemente, mas com o pneu ainda danificado...será que este pedaço de borracha é o mesmo do local do crime? Nesta altura o professor já tem a atenção do aluno, mostrando um vídeo onde tenha sido cometido um crime como o que acabamos de descrever. Os mais curiosos já querem saber como podem resolver o problema, a maioria quer ser um *CSI investigator*!

Esta atividade prática aborda vários métodos de avaliação da densidade de líquidos e sólidos e as suas aplicações práticas em investigações criminais. Utiliza materiais, equipamentos e medições simples. É uma atividade com relevância para os alunos que iniciam os seus estudos na disciplina de Química e facilmente adaptada ao programa da disciplina de Física e Química A, do 10.º ano de escolaridade. Na atividade que consiste na determinação da densidade e da densidade relativa de sólidos e líquidos – Unidade 1|Das Estrelas aos Átomos, APL|Pureza das Substâncias – densidade e densidade relativa, sugere-se a determinação da densidade de um sólido pelo método indireto e posterior determinação da densidade, usando um picnómetro para sólidos. Normalmente o professor utiliza metais comuns, como por exemplo fragmentos de cobre, chumbo, alumínio...e, realizada a atividade, o aluno apenas conclui qual o metal





usado por consulta de uma tabela de densidades. Quando a atividade é realizada deste modo, o aluno limita-se a cumprir um procedimento experimental possivelmente sem entender a importância do conhecimento das propriedades físicas dos materiais, como é o caso da densidade.

A densidade de um objeto pode ser determinada indiretamente dividindo-se a sua massa pelo seu volume. Para isso, é necessário ter acesso a uma balança analítica, para a medição da massa do objeto, e a medição do seu volume pode ser feita de várias formas, dependendo das características das amostras. Se se tratar de um objeto de forma regular o seu volume pode ser calculado recorrendo a uma expressão matemática adequada. Por exemplo, podem ser utilizados cubos de diferentes materiais e de diferentes massas. Sugere-se a utilização de dois cubos feitos do mesmo material, mas de diferentes dimensões (2,5 cm e 1,25 cm de aresta), para que os alunos possam concluir que a densidade não depende da massa nem do volume dos materiais. Na atividade experimental são utilizados vários cubos feitos de materiais diferentes (alumínio, cobre, latão, teflon, nylon e madeira), para que os alunos possam confirmar que materiais diferentes apresentam valores de densidade também diferentes. Se o objeto não tiver forma regular, então o seu volume poderá ser determinado recorrendo ao método do deslocamento de água e, para isso, é necessário apenas uma proveta. Nesta altura o professor pode questionar os alunos acerca da exatidão dos métodos utilizados, até porque nesta fase foram recentemente abordados os conceitos de exatidão, precisão, erros sistemáticos e erros acidentais associados ao utilizador e aos materiais. Sendo assim, os alunos podem verificar qual dos métodos é mais exato na medição de volumes, se o método do deslocamento de água, ou seja, a utilização da proveta (nesta altura do ano letivo os alunos já têm adquirido conhecimentos de que a proveta é um instrumento pouco rigoroso para a medição de volumes) ou a medição das arestas usando uma craveira digital.

É importante que os alunos se certifiquem que o objeto é maciço e não é solúvel em água. O Princípio de Arquimedes afirma que *“todo corpo mergulhado num fluido em repouso sofre, por parte do fluido, uma força vertical para cima, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo”*. Se a densidade de um objeto é maior que a da água, então é possível determinar o volume do objeto por imersão. Para isso,



basta medir o volume inicial de água na proveta, colocar o objecto dentro de água e registar o volume final. O volume do objeto será então determinado pela diferença, isto é,  $V = V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}}$ .

A densidade de um líquido, tal como a de sólidos, também pode ser determinada pelo método indireto, isto é, através da medição da massa e do volume e do cálculo do quociente. Existem, no entanto, dispositivos designados densímetros (**Figura 3.1**), que nos fornecem diretamente o valor da densidade dos líquidos. Mergulha-se o densímetro cuidadosamente, no líquido contido numa proveta, sem tocar no fundo nem nas paredes. O valor da densidade lê-se na escala existente na haste do densímetro, ao nível da superfície livre do líquido. Alguns alunos já conhecem este instrumento, pois são comercializados densímetros baratos, que são usados por produtores amadores de cerveja e vinho, para calcular a concentração de açúcar antes da fermentação e fervura e a quantidade de álcool depois. Os densímetros também são usados para determinar a salinidade da água e a concentração de ácido na solução eletrolítica de uma bateria para verificar o estado de carga da bateria.



**Figura 3.1**| Densímetro para líquidos

A determinação da densidade relativa de um sólido exige a medição da massa do sólido, a medição da massa de igual volume de água a 4 °C e o cálculo do quociente entre a massa do sólido e a massa de água. Para se conseguir obter uma massa de água correspondente ao mesmo volume do sólido pode recorrer-se ao picnómetro de sólidos.



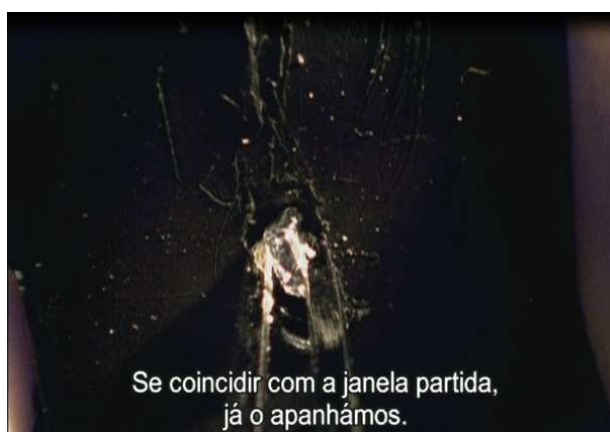
**Figura 3.2|** Picnómetro para sólidos e picnómetros para líquidos

Para a determinação da densidade relativa de líquidos, tal como nos sólidos, é necessário efetuar a medição da massa do líquido, a medição da massa de igual volume de água e o cálculo do quociente entre a massa do líquido e a massa de água. Para obter, com rigor, as massas de igual volume do líquido a ensaiar e de água, pode recorrer-se ao picnómetro de líquidos.

O cientista forense é muitas vezes confrontado com o desafio de determinar se dois fragmentos de materiais recolhidos como provas, tais como lascas de vidro (**Tabela 2.5**) ou fragmentos de borracha de pneus (**Tabela 2.2**) têm uma origem comum. Uma abordagem possível será por determinação da densidade relativa dos dois objetos. Este método comparativo, conhecido como flutuação, é um método preciso e rápido capaz de distinguir fragmentos de vidro que diferem em densidade de  $0,001 \text{ g mL}^{-1}$ . O primeiro passo da análise de flutuação é preparar uma mistura líquida, cuja densidade corresponde a um dos elementos de prova. O segundo fragmento de material deve ter aproximadamente o mesmo tamanho e forma e só então é adicionada ao líquido. Se ambas as partículas permanecerem suspensas no líquido, as suas densidades são iguais, indicando possivelmente a mesma origem. Se a segunda amostra afundar ou flutuar, a possibilidade de uma origem comum é descartada. Outra opção aplicável será determinar a densidade relativa dos fragmentos de pneus e de vidros recorrendo ao picnómetro para sólidos.



Esta atividade não envolve grandes riscos de segurança para os alunos, a não ser o cumprimento das regras gerais de segurança no laboratório. Para diminuir os riscos de cortes sugeriu-se a realização da atividade usando fragmentos de borracha e deixando os fragmentos de vidro para uma atividade demonstrativa, realizada pelo professor, ou recorrendo, mais concretamente, a um vídeo semelhante ao do episódio 11 da série CSI – Crime Sob Investigação “*Os assassinatos da 11-15*” da primeira temporada. Neste episódio, para desvendar mais um crime, foi necessário verificar se um fragmento de vidro encontrado na roupa de um dos suspeitos fazia parte de uma janela partida no local do crime.



**Figura 3.3|** Fragmento de vidro encontrado no local do crime

### 3.2| IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS ALIMENTARES

O azeite da classe "extra virgem" (*extra virgin olive oil*, EVOO<sup>(1-4)</sup>) pode ser convenientemente identificado pelo uso de espectroscopia UV/Vis. Existem já no mercado de equipamentos de laboratório espectrômetros portáteis de baixo custo que necessitam apenas de 5-10 mL de amostra e que têm um tempo de análise de cerca de 15 a 30 segundos. O azeite da classe EVOO tem vários picos de absorção característicos, entre 400 e 700 nm que podem ser aproveitados para análise qualitativa. Uma análise com equipamento simples pode fornecer um método preliminar (*presumptive test*) para identificar produtos falsificados ou adulterados e permitir a apreensão e rápida eliminação do percurso comercial pelas entidades competentes.



O azeite é produzido por processos de prensagem ou extração do fruto da espécie *olea europaea*. A cor e a dureza das azeitonas estão relacionadas com a maturidade do fruto e a escolha de azeitonas nas melhores condições é crucial para obter azeite de boa qualidade. Azeite produzido a partir de azeitonas que foram recolhidas antes de atingir a plena maturidade terá um sabor amargo. O óleo de azeitonas pretas e moles (demasiado maduras) terá pouco sabor ou pode até ter um aroma ligeiramente rançoso. As melhores azeitonas são robustas mas não duras e apresentam coloração verde escura ou verde avermelhada. O óleo produzido deve ter um sabor fresco e aromático. A qualidade final do azeite também depende do processamento do fruto. Para ser classificado como "extra-virgem", o azeite deve ser obtido por prensagem e não por extração química ou aquecimento. Neste contexto, o "processamento químico" inclui qualquer tratamento em que substâncias químicas são adicionadas com o objetivo de neutralizar a acidez do azeite, melhorar a eficiência da extração (rendimento), enriquecer o sabor ou alterar as características originais do fruto.

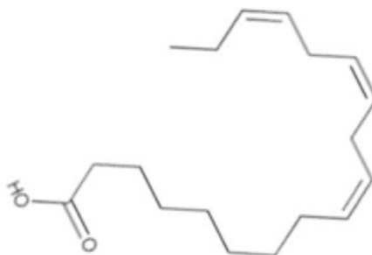
O azeite é uma mistura complexa de ácidos gordos, pigmentos, vitaminas, outras substâncias solúveis em água e compostos voláteis. Os componentes químicos principais são o ácido oleíco ( $\approx 55$  to  $85\%$  dos ácidos totais), o ácido linoleíco ( $\approx 3,5$  a  $21\%$ ) e o ácido linolénico ( $0$  a  $1,5\%$ ). É esta distribuição entre componentes acídicos que está na natureza do azeite e que ajuda a distinguir o azeite de qualidade elevada de outras misturas de óleos vegetais. O ácido oleíco é monoinsaturado (**Figura 3.4**), enquanto os ácidos linoleíco e linolénico são poliinsaturados (**Figuras 3.5. e 3.6**). O ácido monoinsaturado é mais resistente à oxidação e, portanto, o azeite, com um maior conteúdo de ácidos monoinsaturados, é quimicamente mais robusto e mais dificilmente degradado por exposição à radiação, a temperaturas moderadas ou ao oxigénio.



**Figura 3.4|** Ácido oleíco



**Figura 3.5|** Ácido linoleíco



**Figura 3.6|** Ácido linolénico

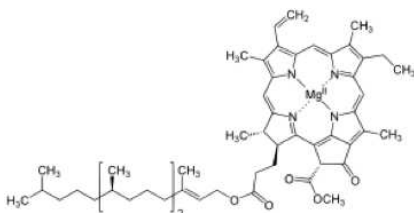
Em geral, o azeite é classificado de acordo com a acidez do componente oleíco. Outros óleos vegetais são produzidos com processamentos químico e térmico que provocam alguma degradação parcial e um aumento do conteúdo ácido e a rancidez. O azeite "extra virgem" é prensado sem aquecimento e a acidez é geralmente inferior à dos outros óleos vegetais ( $\leq 0,8\%$ ).

Como a acidez é o parâmetro principal de classificação da qualidade do azeite, desenvolveu-se um método volumétrico, relativamente complexo, com a adição de um reagente corante (indicador) e o volume de base padrão até alcançar o valor de neutralidade. A detecção da mudança de cor em soluções viscosas e coradas não é operacionalmente simples e, mesmo com o uso de tituladores automáticos, os resultados são sensíveis a efeitos externos. O método parte do princípio de que os ácidos presentes na mistura são provenientes exclusivamente dos componentes legítimos do azeite. Se o fabricante adiciona outros óleos miscíveis em azeite, com menor acidez do que o azeite, a análise da mistura pode reportar valores de acidez que leva à classificação errada. É evidente que a acidez da mistura pode também ser alterada pela adição de outros aditivos químicos de modo a passar os critérios simples de acidez.

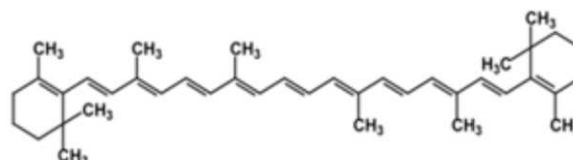
A acidez não é o único critério de avaliação da qualidade do azeite. A cor do óleo é outro parâmetro que também pode ser facilmente manipulado. Existem corantes alimentares adequados que podem ser adicionados ao óleo falsificado; até a inclusão, quase acidental, de folhas de oliveira no processo de prensagem pode ajudar a criar a cor de ouro esverdeado associada ao azeite da melhor qualidade. As principais fontes de corantes naturais em azeite de boa qualidade são as clorofilas e os carotenoides ilustrados nas **Figuras 3.7 e 3.8**. Existem vários tipos diferentes de clorofila (pelo menos 6) e carotenoides (mais do que 600) conhecidos e caracterizados. As clorofilas



absorvem na zona azul e vermelho do espectro e parecem verdes, enquanto que os carotenoides absorvem radiação na região vermelha e transmitem amarelo ou laranja.



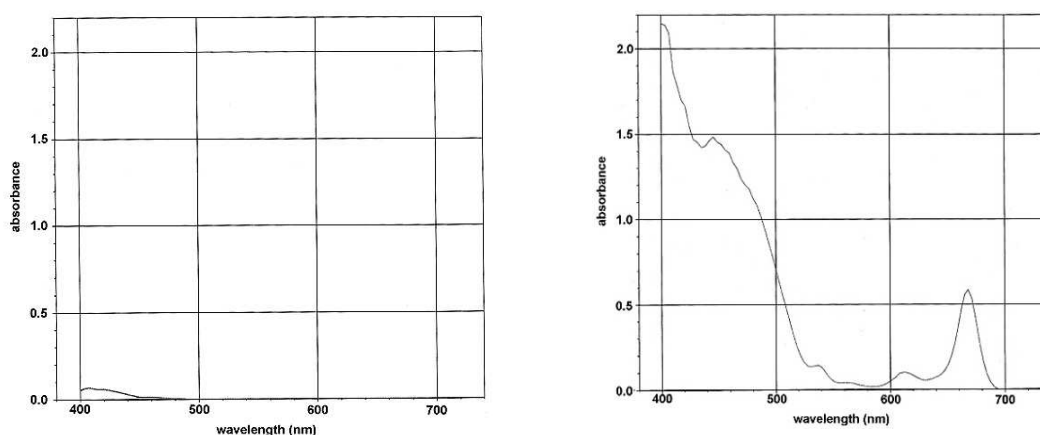
**Figura 3.7|** Clorofila a



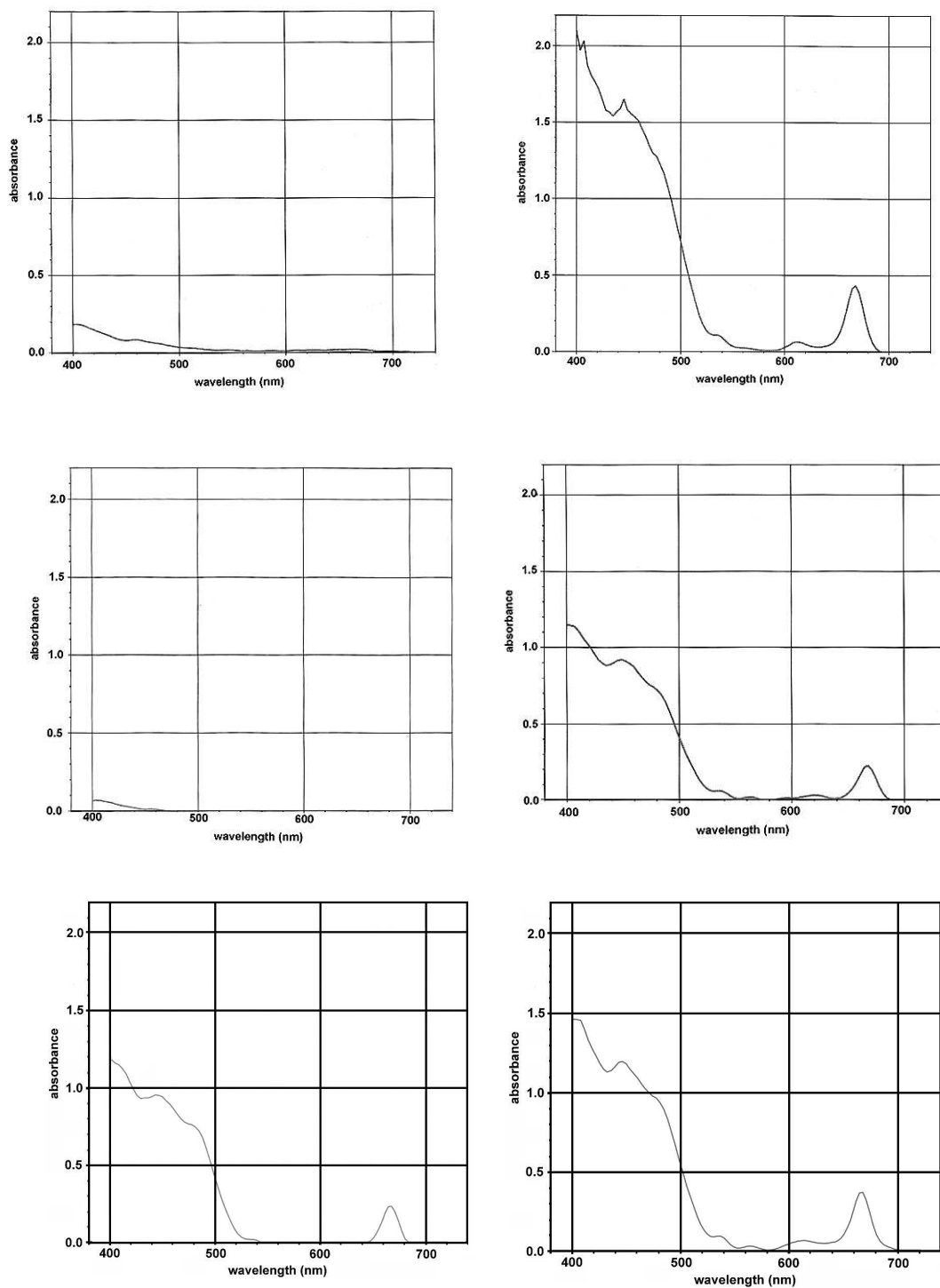
**Figura 3.8|** Beta carotenoide

É suficiente comparar os preços de um litro de azeite com outros óleos alimentares, como óleo de milho, amendoim, girassol, soja ou canola (**canadian oil, low acid**), para perceber o que motiva os falsificadores neste domínio, especialmente quando não existem consequências para a saúde devido ao consumo de misturas adulteradas de óleos alimentares.

A ideia de misturar óleos alimentares para aumentar o lucro da venda de azeite não é nova e existem exemplos recentes de falsificação em grande escala. É importante que os alunos percebam que crimes deste tipo podem não ter consequências violentas ou dramáticas, mas mesmo assim são crimes e devem ser detetados e os criminosos punidos.



**Figura 3.9|** Espectros obtidos para os diferentes azeites e outros óleos testados (espectros: 1 – óleo de girassol; 2 – herdade)



**Figura 3.9|** Espectros obtidos para os diferentes azeites e outros óleos testados (espectros: 3 – amendoim; 4 – carmo; 5 – soja; 6 – falsificado; 7 – falsificado; 8 – galo)





Para detetar este tipo de falsificações podemos traçar vários espectros usando um espectrómetro UV/Vis. Analisando os espectros anteriores verificamos que os azeites não falsificados apresentam vários picos bastante intensos de absorção entre os 400 nm e os 800 nm, o que não se verifica com os outros óleos alimentares analisados (óleo de girassol, soja e amendoim).

O professor prepara algumas amostras de azeite, umas falsificadas por misturas com outros óleos alimentares e outras não falsificadas. Após obter os vários espectros, os alunos poderão concluir quais as amostras que não correspondem a azeite puro. Esta atividade é muito simples e segura de realizar e permite obter bons resultados. Exige alguns cuidados no manuseamento do espectrómetro, a salientar: as leituras devem ser sempre feitas com a tampa fechada, limpar o exterior das células e pegar nas células pelas faces foscas. Devem ser colocadas de modo que a luz incida nas faces transparentes, não deixar bolhas de ar na célula com a solução. Esta atividade pode facilmente ser inserida numa aula do 12.º ano, de Química, na unidade 1 – Metais e Ligas Metálicas, pois são aqui abordados os conceitos de absorvância, espectros de absorção e a Lei de Lambert – Beer e esta pode ser uma forma dos alunos manusearem o espectrómetro de uma forma mais motivadora. Aliás uma das atividades sugeridas no programa do Ministério da Educação para esta disciplina é a determinação da concentração do ião  $\text{Fe}^{3+}$  numa água férrica.<sup>[1] a [6]</sup>

### 3.3| CROMATOGRAFIA E TINTAS- CARACTERIZAÇÃO DE DOCUMENTOS

O conceito de cromatografia é introduzido, pela primeira vez, no 7.º ano de escolaridade e novamente abordado no 10.º ano de escolaridade, quando são estudadas as técnicas de separação. Para os mais novos, uma maneira muito simples e divertida de explicar porque os componentes coloridos são obtidos num cromatograma e arrastados de forma diferente, é comparar a fase móvel a uma brisa agradável, a fase estacionária será a relva e os diferentes componentes das tintas as pulgas, as formigas e os gafanhotos.

Geralmente os professores abordam este tópico efetuando ou pedindo aos alunos para separar uma mistura, por exemplo, tinta preta de uma caneta comum. Embora esta



atividade permita aos alunos adquirir alguns conceitos relacionados com esta técnica, ela perde parte do seu desafio, por isso se sugere algo diferente.

Canetas e esferográficas ainda são os mais comuns instrumentos de escrita. Existem atualmente milhares de diferentes formulações de tintas, dependendo do tipo de material de escrita a ser utilizado, da cor desejada e de outras características que o próprio fabricante pode desejar atribuir à sua tinta em particular. É apropriado mencionar as três classes principais de produtos químicos utilizados nas tintas:

1. A cor resulta de uma mistura de vários corantes sintéticos, incluindo violeta de metilo, azul vitória, laranja de luxol, nigrosina, ftalocianino de cobre e outros corantes organo-metálicos. Estes compostos representam tipicamente 25% da massa da tinta.
2. Solventes ou “veículos”, como são designados na indústria de tintas, constituem cerca de 50% da massa de uma tinta. A maioria das tintas comercializadas atualmente utilizam uma mistura de glicóis como solvente. O glicol de etileno é o mais comum. Antes de 1950, eram utilizados óleos de linhaça ou óleos de minerais como solventes. O solvente dissolve ou suspende os corantes, promovendo o fluxo contínuo da tinta sobre a superfície da ponta de rotação da caneta. Na maioria das formulações, o solvente evapora-se rapidamente, embora possam ser detetadas quantidades mensuráveis por cromatografia em fase gasosa, até cerca de dois meses após a aplicação da tinta de um documento.
3. Os restantes 25% da formulação são constituídos por resinas, que tanto podem ser de origem natural como materiais poliméricos sintéticos. A principal função das resinas é conferir uma certa viscosidade favorável à tinta, ou seja, manter um fluxo adequado de líquido enquanto se escreve.

Quantidades relativamente pequenas de outros materiais são frequentemente encontrados nas tintas usadas nas canetas, incluindo, por exemplo, surfactantes (como nos detergentes) para melhorar a *wettability*, inibidores de corrosão para proteger as partes metálicas da caneta e aditivos ácidos para lubrificar e neutralizar os corantes básicos. Um fabricante (*Fisher*) utiliza azoto como um gás propulsor para forçar a tinta extremamente espessa, para fora do cartucho e para a superfície de escrita. Esta técnica foi utilizada no fabrico de canetas fornecidas aos astronautas da NASA, pois permite a escrita mesmo na ausência de gravidade ou no vácuo (**Figura 3.10**).



**Figura 3.10** | Caneta desenvolvida pela NASA

Em que circunstâncias se pode tornar importante examinar cientificamente as tintas de canetas/tinteiros? Vamos supor que foi recebida uma ameaça de bomba, ou uma nota de resgate na sequência de um rapto. Um suspeito foi preso e encontra-se na posse de uma caneta. Utilizando a cromatografia em camada fina é possível comparar a tinta usada na nota da ameaça com a tinta da caneta que se encontrava na posse do suspeito. Se as tintas corresponderem, isso significa que têm a mesma composição química. No entanto, isso não significa que o suspeito é realmente o culpado, pois existem várias canetas que usam a mesma tinta, mas em conjunto com outras provas pode eventualmente contribuir para a condenação ou não do suspeito.

A análise de tintas num documento é feito de duas formas, por um ensaio físico (não – destrutivo) e por um ensaio químico (semi-destrutivo). O ensaio físico da tinta pode ser constituído por:

- observação visual da cor da tinta que pode variar de preto para branco com todas as cores espectrais pelo meio.
- observação do modo como a tinta é absorvida pelo papel, usando uma ampliação variável com um microscópio binocular de baixa resolução. Um observador treinado a partir deste exame pode concluir que tipo de instrumento de escrita foi utilizado, porque a tinta das canetas penetra na superfície das fibras do papel, enquanto que a tinta das esferográficas pousa na superfície do papel.



- exame com luz ultravioleta (UV- 360 nm) para verificar se a tinta ou um dos seus componentes é fluorescente e, em caso afirmativo, qual a cor e com que intensidade. A maioria das tintas não é fluorescente, mas existem tintas vermelhas que são fluorescentes.

- exames de transmitância de infravermelhos, absorvância ou luminescência. Esta técnica exige instrumentos óticos caros e específicos, equipados com diferentes fontes de radiação, filtros e sistemas de captura de imagens.

As canetas esferográficas, ou apenas esferográficas (**Figura 3.11**), são um tipo de caneta cuja tinta humedece uma esfera rolante que desliza sobre a superfície de papel.

Na evolução da caneta, o uso de uma esfera na ponta possibilitou um avanço que popularizou o uso deste instrumento de escrita, ao tempo em que substituíu, com vantagem, a caneta-tinteiro.



**Figura 3.11**| Ponta de uma caneta esferográfica



**Figura 3.12**| Caneta – tinteiro (ou caneta de tinta permanente)

A caneta-tinteiro ou caneta de tinta permanente (**Figura 3.12**) é uma caneta que contém um reservatório recarregável de tinta. A pena metálica foi criada na segunda



metade do século XVIII, acredita-se que por *Aloys Senefelder*. Podia ser fixada a cabos de madeira, de prata, de ouro, de madrepérola. Para escrever, molhava-se a ponta no tinteiro. Isso tornava a escrita lenta, pois a todo momento era preciso interromper para molhar a pena.

No ano de 1890 o afro-americano *William Purvis* nascido na Filadélfia inventou e patenteou melhorias para a caneta-tinteiro, a fim de fazer uma caneta mais durável, barata e mais fácil de levar no bolso. *Purvis* utilizou um tubo de elástico entre a ponta da caneta e o reservatório de tinta, onde é utilizado uma ação de sucção para retornar o excesso de tinta para o reservatório, reduzindo derramamentos de tinta e aumentando a autonomia da caneta. No início, a pena metálica, feita de aço, era cara, por ser feita à mão, e arranhava o papel. O seu uso popularizou-se no século XIX, quando as técnicas de produção avançaram e foi possível fabricar penas não-descartáveis por um preço acessível a todos.



**Figura 3.13** | Aspecto da escrita quando se escreve com uma caneta de tinta permanente

Uma vez terminado o exame físico da tinta, é normal remover alguma tinta do documento, para realizar o exame químico. Se a tinta se encontra num documento submetido como prova, então serão removidos pequenos discos de tinta, usando uma agulha hipodérmica *hollow 20-gauge*. Normalmente 8-10 amostras são transferidas, uma de cada vez, para um frasco de plástico para posterior extração da tinta. É importante recolher também uma amostra do próprio papel sem tinta para posterior controlo. Cada amostra contém menos de  $10^{-6}$  g de tinta. Este método provoca danos mínimos no documento e é dificilmente perceptível na observação casual, aparecendo pequenos orifícios ou perfurações no papel quando observado à luz do dia. É um princípio há muito estabelecido que todas as provas devem ser preservadas tanto quanto possível, não só para o julgamento, mas também para permitir que a defesa possa fazer a sua própria análise, caso o pretenda.



Nesta fase do procedimento é adicionado o solvente para extrair a tinta. A maioria das tintas comerciais é solúvel em piridina. Em alguns casos (tintas de caneta e tintas de filtro) são extraídas com uma mistura de 50:50 de etanol e água. Os volumes utilizados devem ser medidos rigorosamente com micropipetas. O uso de piridina requer por perto um extintor, pois é muito inflamável e deve ser manuseada na *hotte*, porque tem um odor muito desagradável.

Após a extração da tinta é altura de aplicar a cromatografia em camada fina. Este é um processo eficiente, rápido e pouco dispendioso de caracterização. As placas mais comuns são pré-revestidas com gel de sílica e suportado por uma folha de plástico (*Eastman*) ou por vidro (*Merck*). Estas últimas apresentam maior capacidade de resolução. Portanto, as placas *Eastman* são normalmente utilizadas para fins de rastreio e as placas *Merck* para análises finais.

A placa de TLC é molhada, depois é seca e em seguida utiliza-se uma mistura de um fluido composto por 1,4 volumes de acetato de etilo, 0,7 volumes de etanol e 0,6 volumes de água como fase móvel. No procedimento aplicado em laboratórios especializados deixa-se cerca de 90 minutos na câmara de desenvolvimento. Nesta fase, os corantes nas tintas separam-se e aparecem como manchas compactas de diferentes cores, acima do ponto da aplicação original. Posteriormente a placa é removida e a fase móvel começa a evaporar.

Algumas tintas pretas podem ser formuladas com três, quatro ou ainda mais cores diferentes. A fórmula de cada tinta possui um padrão distinto, como se fosse uma impressão digital humana. Após a evaporação da fase móvel a placa pode ser novamente examinada sobre luz UV para identificar os componentes fluorescentes. Se as amostras de tinta obtida a partir da caneta do suspeito se encontrarem disponíveis este teste é feito com as amostras lado a lado, facilitando assim a comparação entre os valores de  $R_f$  (índice de retenção) e das cores. O controlo do papel é geralmente efetuado na mesma placa, para o caso de alguns corantes existirem no próprio papel. Esta técnica demora cerca de uma hora para concluir o cromatograma.

Uma situação muito comum é quando a data que consta em vários documentos, como por exemplo nos contratos, é alterada. Podem existir razões para suspeitar que o documento foi pós-datado. Um dos métodos que pode ser aplicado consiste na



comparação por TLC da tinta sobre o documento com uma amostra de tinta numa biblioteca de referência de tintas. Se for possível demonstrar que a tinta foi feita a partir de uma fórmula que não era fabricada até há vários anos, altura em que o documento foi preparado, a fraude é facilmente verificada. Existe apenas uma biblioteca de tintas em todo o mundo, localizada no centro nacional de laboratórios do departamento de álcool, tabaco e armas de fogo em Washington DC. Nesta biblioteca existem milhares de amostras de tintas escritas em folhas de papel e os cromatogramas de camada fina destas amostras organizado pelo tipo de instrumento de escrita e pela cor da tinta. A maioria das amostras foi voluntariamente enviada para o laboratório, durante os últimos 20 anos, pelos fabricantes de tintas e canetas, mas mesmo assim está incompleta.

A análise da tinta é apenas uma pequena parte do trabalho e da responsabilidade de um laboratório forense, mas é de extrema importância que esta análise seja feita. É uma técnica que exige apenas uma pequena amostra e os produtos químicos necessários e os aparelhos estão disponíveis na maioria dos laboratórios de análise química. Exige, no entanto muita precisão na técnica e na manipulação dos materiais.

A cromatografia é uma técnica físico-química de separação de misturas, baseada no diferencial de migração das substâncias sobre uma fase fixa, designada de fase estacionária. Neste método existe uma substância capaz de fixar na sua superfície os componentes da mistura que está a ser separada e uma fase móvel que arrasta o material a ser isolado. A técnica mais simples é a cromatografia em papel. As substâncias a serem separadas costumam interagir com a celulose do papel e alguns componentes migram, sob a influência da fase móvel, com maior e outros com menor velocidade. Observa-se que, ao adicionar a fase móvel, as cores começam a espalhar-se, notando-se a presença de um ou mais corantes na tinta da caneta. Isto acontece porque algumas substâncias interagem mais fortemente com a fase móvel (estão em movimento ou parados no papel) e já outros interagem mais intensamente com o papel (que está parado).<sup>[7] a [11]</sup>

Nesta fase inicial do estudo foram testadas várias canetas, de cores e marcas variadas, diferentes fases móveis e estacionárias, bem como vários procedimentos adequados à obtenção dos melhores cromatogramas. Para se concluir qual a melhor fase móvel a utilizar para separar os componentes das tintas estudadas, efetuaram-se vários



ensaios com as seguintes fases móveis: metanol, etanol, propanol, butanol, pentanol, mistura 90% etanol e 10% pentanol. Foram caracterizadas várias canetas de cores diferentes (preto, azul, vermelho e verde) e de marcas diferentes. O tempo total da experiência foi de aproximadamente 1h 30min e o tipo de corte no papel CM ou DM foi rigorosamente controlado. A quantidade de tinta que se utilizou em cada um dos cromatogramas é difícil de controlar, foi necessário estabelecer um procedimento experimental facilmente reproduzido. Nos primeiros estudos foi marcado por contacto 3x, o papel com a ponta da caneta. Deve ser sempre a mesma pessoa a aplicar a caneta de modo a obter resultados consistentes. O resultado deste procedimento depende das características da ponta da caneta, se for de filtro então é suficiente marcar 3x o papel. Caso seja uma caneta – esferográfica é mais difícil de aplicar, o procedimento adotado e o mais adequado consiste em fazer um círculo com cerca de 2 mm de diâmetro e só depois preencher o círculo.

Durante estas experiências conclui-se que as fases móveis mais adequadas são o etanol e o butanol, na medida em que permitiram uma separação mais eficiente. O etanol tem ainda a vantagem de ser um reagente de custo acessível e disponível em qualquer laboratório. Facilmente se observam diferenças nas tintas usadas. As tintas de cor preta são as tintas mais difíceis e complexas, relativamente à sua formulação, mas ao mesmo tempo as mais interessantes de estudar. Porém nem todas as tintas pretas permitem a obtenção de bons cromatogramas. Numa das experiências usaram-se 7 canetas de tinta preta e de marcas diferentes. Foram realizados vários ensaios com as quatro fases móveis etanol, propanol, butanol e pentanol.

Por último, realizou-se uma experiência para testar como o tipo de papel (fase estacionária) poderá influenciar os resultados obtidos. Para isso, utilizaram-se duas canetas de tinta preta e três tipos de papel diferentes e os cromatogramas obtidos são, de facto, diferentes.

Nas secções seguintes aparecem as imagens dos diferentes cromatogramas obtidos, para ilustrar os resultados obtidos nas várias experiências. Tentou-se a digitalização, mas com um sucesso limitado, pois não permitia a visualização dos cromatogramas na maioria dos casos. Optou-se então por fotografar os cromatogramas,



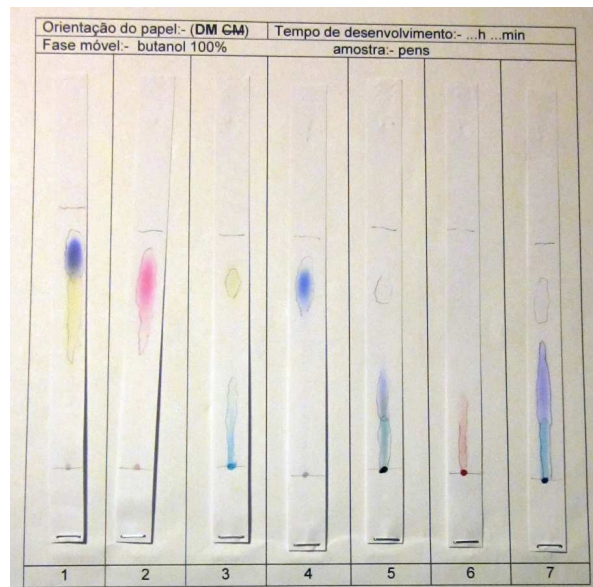


em condições controladas de iluminação, uma vez que não é possível anexar os cromatogramas. O tratamento das imagens para estas figuras não foi fácil.

Foi possível verificar que alguns tipos de canetas facilitam a falsificação, isto porque foi possível remover a tinta da caneta quase na totalidade do papel do cheque. É de salientar que a tinta do cheque não sofreu qualquer alteração após a adição do solvente, o que é preocupante. O procedimento adotado pode ser visualizado recorrendo ao seguinte endereço <http://www.youtube.com/watch?v=1gN8MHDWTB4>. Este vídeo “Dr. Uni-Ball Check Washing” é muito elucidativo evidenciando claramente o comportamento de diferentes tipos de canetas. Este tipo de crimes – a falsificação de cheques, infelizmente tem vindo a aumentar e por isso, será cada vez mais importante dificultar todo e qualquer tipo de falsificações de cheques.

### 3.3.1| Caracterização de tintas de cores diferentes

As tintas usadas nas canetas - esferográficas disponíveis no mercado são muito variadas e por isso apresentam também um comportamento cromatográfico distinto, como é possível visualizar no cromatograma seguinte:



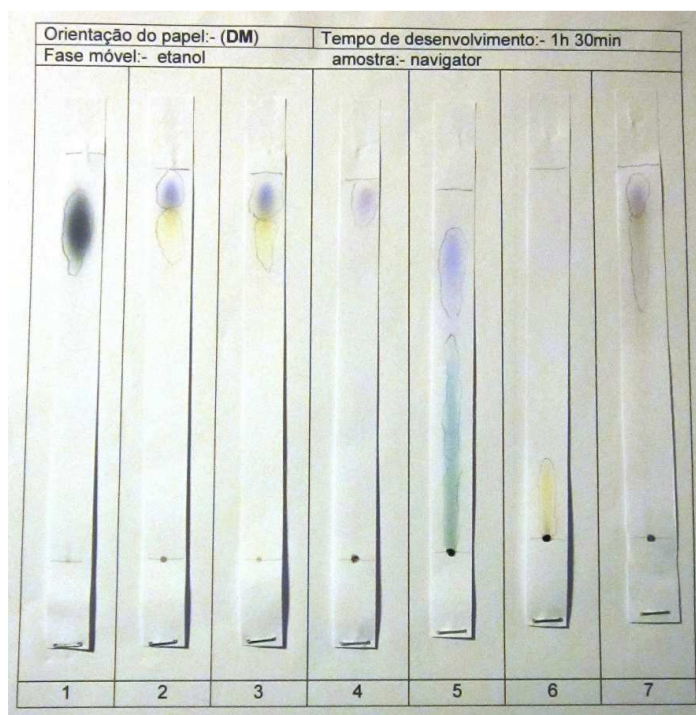
**Figura 3.14|** Estudo de canetas esferográficas de cores diferentes

1. Papermate azul
2. Papermate vermelho
3. Papermate preta
4. Reymon azul
5. Reymon verde
6. Reymon vermelho
7. Reymon preta



Um cromatograma será mais interessante de estudar quando conseguimos separar as várias cores/componentes que existem na tinta da caneta e o ideal é obter 2 a 3 cores no cromatograma. Todas as tintas aplicadas foram “ativas” no sentido que foram eluídas pela fase móvel e podem, por isso, servir de base para estudos mais extensos. Como se pode observar na **Figura 3.14** a separação dos corantes foi mais fácil de obter nos casos 1 e 5. A produção de uma tinta preta é um processo complexo e, geralmente, os fabricantes preparam estas tintas com recurso a misturas de vários componentes coloridos.

Podem ser usadas canetas de várias cores, mas as canetas pretas são sem dúvida alguma as mais interessantes de estudar, embora apresentem algumas diferenças, e outras não são adequadas para a obtenção de cromatogramas. Foram testadas cerca de 12 canetas de tinta preta. Foi necessário otimizar a quantidade de tinta aplicada como se pode ver na **Figura 3.16**.

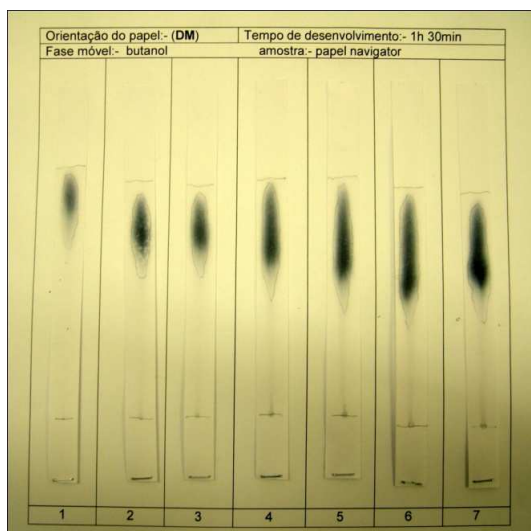


**Figura 3.15**| Estudo preliminar de canetas esferográficas de tinta preta  
**1.** Esferográfica *Stabilo* **2.** Esferográfica *Pentel* **3.** Esferográfica *Reymon* **4.**  
Esferográfica *B&F* **5.** Esferográfica *Papermate* **6.** Esferográfica *Staedler* **7.**  
Esferográfica *Uminho publicidade*



### 3.3.2| Otimização da quantidade de tinta/amostra aplicada

Dos resultados registados nos primeiros estudos de seleção de canetas, foi evidente que a quantidade de amostra aplicada influencia o comportamento cromatográfico da amostra. Uma demonstração clara deste efeito resultou de um estudo em que uma caneta com tinta preta (*Stabilo*) foi utilizada para aplicar quantidades diferentes de tinta. Neste primeiro estudo, a técnica de aplicação de tinta foi pelo encosto da ponta da caneta e o traçar de um pequeno círculo. A fase móvel utilizada nesta experiência foi butanol e a fase estacionária foi papel da marca *Navigator*. Os resultados ilustrados na **Figura 3.16** confirmam que existe uma gama de quantidades de amostras apropriadas que fornecem resultados reprodutíveis. Nesta figura as primeiras amostras, **1 a 3**, têm um comportamento cromatográfico aceitável. Num estudo de comportamento cromatográfico o objetivo é obter uma mancha relativamente compacta (ou pouco dispersa), facilmente detetável, com um “rasto” mínimo. Embora a amostra **4** ainda possa ser considerada dentro do limite de concentração aceitável, nas seguintes amostras (**5 a 7**) estão claramente presentes em concentrações demasiado elevadas para uma separação eficiente nas condições aplicadas. É notável uma ligeira alteração da posição da frente de fase móvel com a quantidade de amostra aplicada, possivelmente como resultado da alteração da composição química do sistema fase móvel/fase estacionária.



**Figura 3.16|** Cromatogramas registados com quantidades variáveis de tinta preta. Amostras 1 – 7, 1 a 7 aplicações de tinta da caneta *Stabilo OHPen* universal



Neste estudo os coeficientes de retenção variam entre 0,74 e 0,77 com a primeira amostra a registrar um coeficiente mais elevado (0,85). Neste caso a concentração resultante de duas aplicações seria considerada ótima.

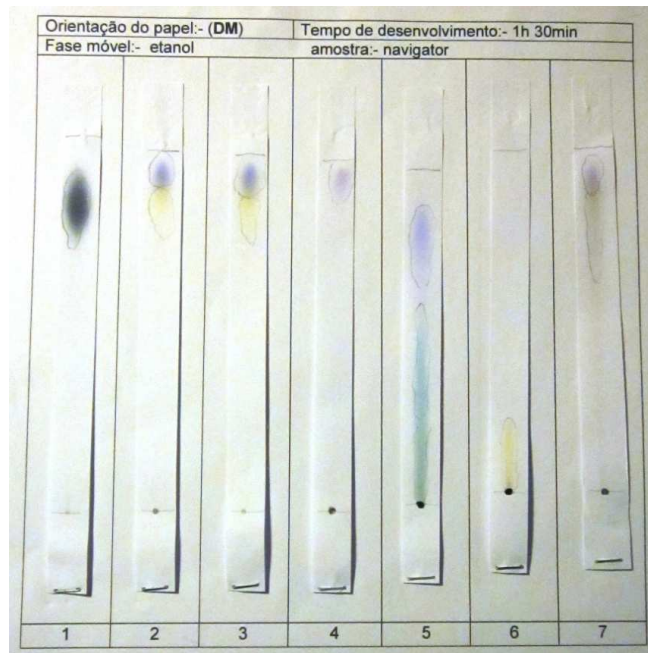
Este processo de otimização devia ser aplicado a todas as amostras, embora na prática, a quantidade de cada amostra que fornece resultados reprodutíveis e fáceis de detectar é geralmente entre duas e três aplicações (**Figura 3.16** – amostra 2), caso se trate de uma caneta de filtro. Com os alunos da turma, os melhores resultados foram registrados com a indicação que devem usar a caneta de modo a produzir um círculo de aproximadamente 2 mm de diâmetro e preencher o círculo com tinta antes de levantar a caneta, caso se trate de uma caneta esferográfica. Esta técnica foi mais fácil de reproduzir e foi possível obter resultados com uma boa separação dos componentes das tintas caracterizadas.

É conveniente sublinhar que a colocação de quantidades controladas de substâncias é mais fácil de efetuar com amostras na forma de soluções e com uma micro-pipeta capilar.

Com canetas de tinta preta e com a fase móvel apropriada, é relativamente fácil estabelecer as condições adequadas para uma boa caracterização da tinta de cada caneta. O processo foi ilustrado com a caneta da marca *Stabilo*.

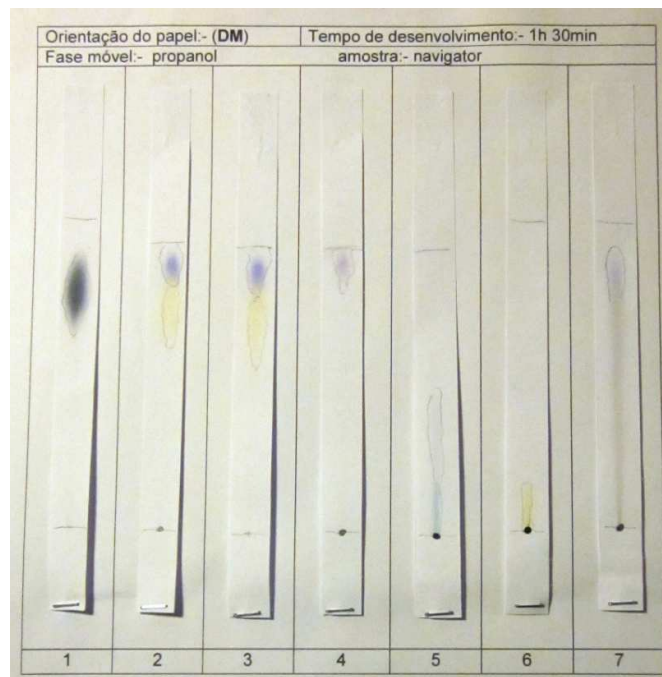
### 3.3.3| Otimização da escolha da fase móvel

Naturalmente a escolha da fase móvel também influencia a qualidade dos cromatogramas. No estudo da demonstração da influência da fase móvel no comportamento de tintas de várias canetas foram usados o etanol, propanol, butanol e pentanol. Os melhores cromatogramas foram aqueles em que se utilizou o butanol, verificamos uma separação mais nítida e uma maior mobilização dos diferentes componentes coloridos da tinta.



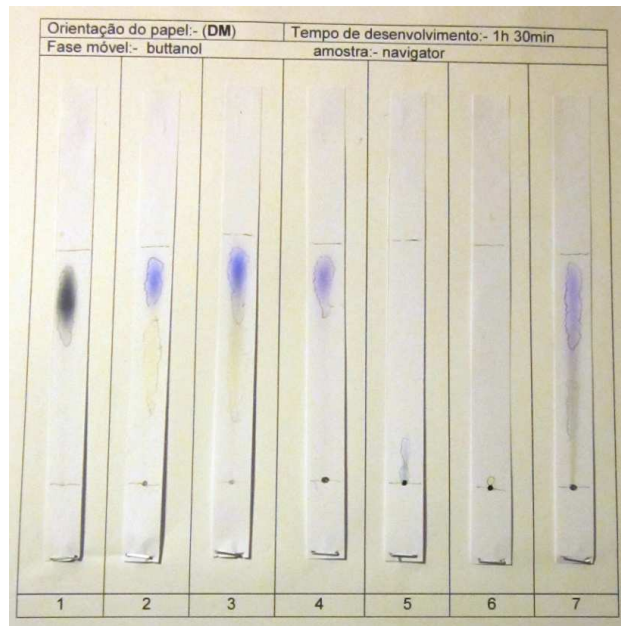
**Figura 3.17**| Estudo da influência da escolha de fase móvel (etanol)

1. *Stabilo* 2. *Pentel* 3. *Reymon* 4. *B&F* 5. *Papermate* 6. *Staedler* 7. *Uminho*  
publicidade



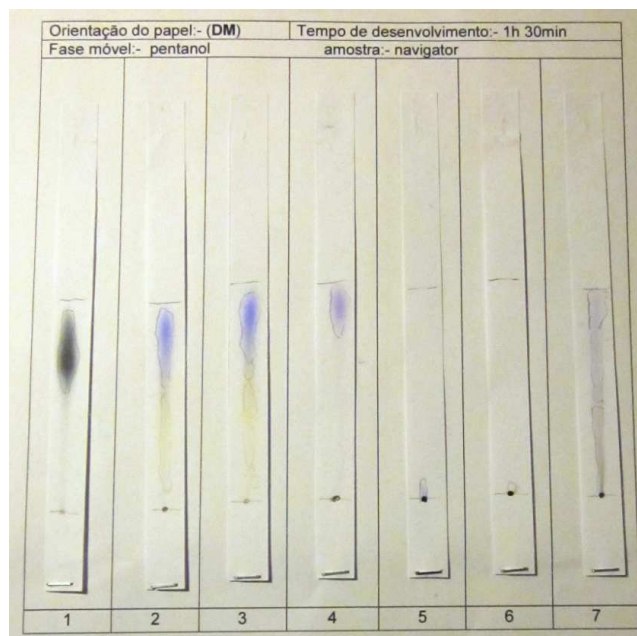
**Figura 3.18**| Estudo da influência da escolha de fase móvel (propanol)

1. *Stabilo* 2. *Pentel* 3. *Reymon* 4. *B&F* 5. *Papermate* 6. *Staedler* 7. *Uminho*  
publicidade



**Figura 3.19** | Estudo da influência da escolha de fase móvel (butanol)

1. *Stabilo* 2. *Pentel* 3. *Reymon* 4. *B&F* 5. *Papermate* 6. *Staedler* 7. Uminho publicidade



**Figura 3.20** | Estudo da influência da escolha de fase móvel (pentanol)

1. *Stabilo* 2. *Pentel* 3. *Reymon* 4. *B&F* 5. *Papermate* 6. *Staedler*  
7. Uminho publicidade



Os solventes selecionados apresentam toxicidade baixa-moderada, de todos, aquele que é mais barato e disponível em qualquer laboratório de química é o etanol e os resultados são bastante satisfatórios. Obviamente que para alguns casos a melhor escolha pode ser outra, pois isso está relacionado com a polaridade da tinta de cada caneta e afinidades entre a fase estacionária, fase móvel e os componentes de cada tinta.

### 3.3.4| Influência da fase estacionária no comportamento

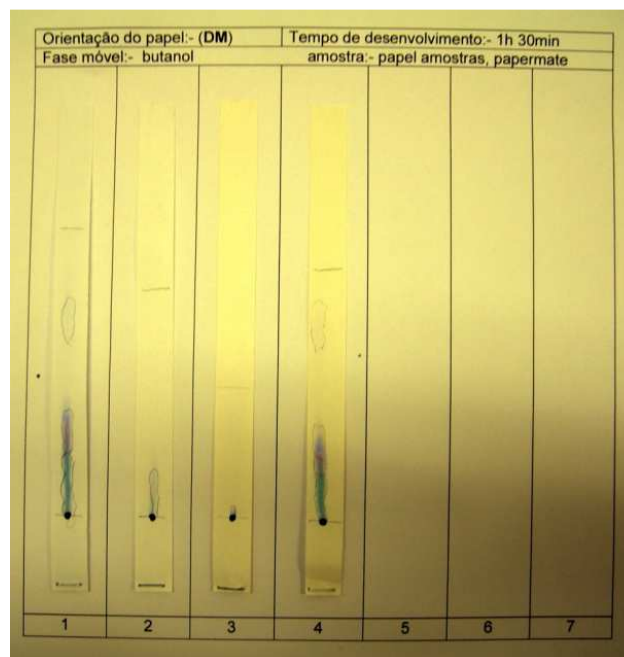
A caracterização de papéis encontrados no local do crime, ou de alguma maneira associados à prática criminosa, pode ser efetuada com recurso a várias técnicas. A identificação da origem do papel não é uma tarefa analítica trivial. Foram propostas por alguns autores cinco etapas sequenciais para determinar se dois fragmentos de papel podem ter a mesma proveniência. Estas etapas são: i) a observação da cor, dimensão (espessura), densidade, opacidade e fluorescência; ii) o registo de marcações de água ou imagens impressas; iii) a determinação da estrutura das fibras com caracterização microscópica; iv) a identificação de substâncias químicas presentes no papel incluindo tratamentos da superfície, aglomerantes, abrillantadores, pigmentos, plasticizantes, ceras e outros aditivos; v) a quantificação de elementos presentes em quantidades residuais (por microscopia eletrónica com fluorescência de raios X). Os procedimentos identificados fornecem muitos pontos de comparação, mas poucos laboratórios forensicos teriam todo o leque de equipamentos necessários para efetuar um estudo tão minucioso. Esta conclusão levou o *Ziderman*<sup>[9]</sup> a desenvolver um teste relativamente simples, baseado no comportamento cromatográfico do papel em estudo como fase estacionária. Num estudo cromatográfico, normalmente, uma mistura de compostos é aplicada a uma fase estacionária e eluída com uma fase móvel. Na experiência proposta por *Ziderman*<sup>[9]</sup>, uma mistura de compostos conhecida, designada como “amostra padrão”, foi aplicada a uma fase estacionária a caracterizar com uma fase móvel adequada. Os valores registados para a distância percorrida pela fase móvel, num certo intervalo de tempo, e os valores de coeficientes de retenção dos vários componentes da mistura foram utilizados para caracterizar o papel questionado. Um papel que fornece



valores idênticos aos valores registados com uma amostra questionada será provavelmente idêntica ao papel de referência.

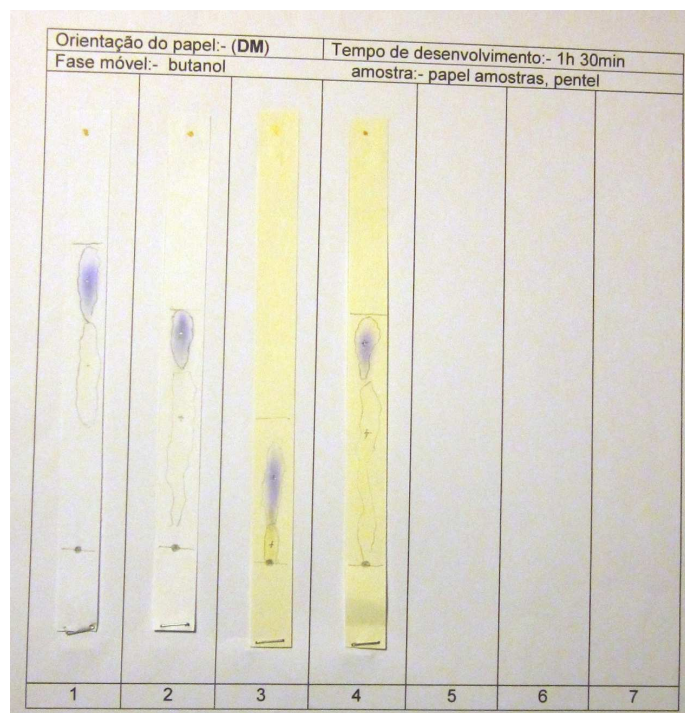
Nesta experiência as amostras “padrão” são tinta preta de canetas “*Papermate*” e “*Pentel*”. Como mostram os resultados ilustrados nas **Figuras 3.21** e **3.22**, respetivamente, os componentes destas duas canetas têm comportamentos diferentes e característicos. Uma amostra de papel fornecida a um grupo de alunos da turma seria fácil de identificar pela aplicação das tintas das canetas de referência com eluição com butanol como fase móvel.

Nesta atividade, um de apenas quatro papéis foi caracterizado com dois ou mais componentes coloridos na tinta. Cada papel é único, no sentido que o valor do coeficiente de retenção de cada componente presente na formulação da tinta é determinado pela composição química do papel e as interações complexas e específicas entre os componentes da formulação, as moléculas da fase móvel e todas as espécies aplicadas no papel. Com o estudo de quatro papéis diferentes torna-se muito simples identificar o papel questionado de entre os papéis caracterizados durante uma aula prática de 45 minutos.



**Figura 3.21** | Cromatogramas registados com a amostra de tinta “*Papermate*” e com quatro papéis diferentes (1. *Discovery* 2. *Quality* 3. *Environmental* 4. *Measure*)





**Figura 3.22** | Cromatogramas registados com a amostra de tinta “*Pentel*” e com quatro papéis diferentes (1. *Discovery* 2. *Quality* 3. *Environmental* 4. *Measure*)

Foram testadas duas fases móveis e os melhores resultados foram obtidos com o butanol e a caneta utilizada foi da marca *Pentel*, considerada a mais adequada.

### 3.3.5 | Utilização de corantes/indicadores para o mesmo efeito

O uso de canetas para fornecer amostras de comportamento conhecido para caracterizar papéis diferentes foi proposto como um sub-projeto de execução simples para desenvolver na escola. Como demonstrado na secção anterior, é possível, de facto, escolher canetas comerciais para aplicar tintas em papéis de marcas diferentes e identificar estes papéis pelo comportamento cromatográfico das tintas aplicadas. O inconveniente deste procedimento é a dificuldade em encontrar canetas apropriadas. Das dez marcas de canetas diferentes, apenas dois registaram um comportamento adequado para identificar papéis. A formulação de uma destas canetas, durante o decorrer dos estudos descritos nesta secção, foi alterada pelo fabricante (*Papermate “flair”*) e deixou de ter um comportamento capaz de diferenciar entre as marcas de



papéis incluídas no estudo. Esta alteração de formulação é uma consequência natural do esforço dos fabricantes em melhorar os produtos comercializados. Além da dificuldade em obter uma escolha “estável” em termos de formulação da tinta, é preciso desenvolver uma técnica reproduzível de aplicação da tinta.

A utilização de canetas nem sempre é viável para traçar cromatogramas, em alguns casos porque a tinta é difícil de aplicar e/ou a sua composição pode alterar, a esfera pode secar ou a tinta ser pouco móvel e nestes casos podemos sempre utilizar corantes/indicadores.

Nos cromatogramas obtidos apenas conseguimos distinguir duas manchas, apesar de os corantes serem uma mistura de pelo menos 3 corantes. Provavelmente uma dessas manchas é muito clara não sendo possível a sua observação sem recorrer a outras técnicas de visualização. Alguns dos componentes não são “imobilizados” pela fase móvel escolhida. A fase móvel mais adequada é o butanol e a quantidade dos componentes não deve ser exagerada. Em papéis de marcas diferentes é possível verificar que os cromatogramas são bastante diferentes, (**Figura 3.21**) o que permite também, usando este tipo de corantes/indicadores, comparar diferentes tipos de papéis.

A ideia de usar o processo cromatográfico para comparar ou caracterizar o comportamento de papel de fabricantes diferentes surgiu depois da leitura de um artigo publicado por *Ziderman* em *Journal of Forensic Science*. Neste artigo, o autor demonstra a viabilidade de usar vários indicadores e corantes para caracterizar amostras de papel de impressão por um processo cromatográfico. Em muitos casos, as provas encontradas no local do crime, na posse do suspeito ou na residência de um dos possíveis responsáveis, podem servir para incriminar conclusivamente o suspeito. A identificação indiscutível da origem de resíduos é fácil, no caso de impressões digitais ou amostras de DNA. Noutros casos, apenas é possível comparar o comportamento de amostras de referência e questionadas e concluir que são compatíveis com uma origem comum. O objetivo de *Ziderman* no seu estudo original foi desenvolver um processo experimental que permitisse a comparação de papéis, de modo a fornecer a investigadores em laboratórios menos bem equipados a possibilidade de efetuarem uma avaliação preliminar de papéis. O objetivo do estudo apresentado nesta secção da tese é



avaliar a possibilidade de adaptar os procedimentos indicados por *Ziderman* ao uso numa aula prática a ter lugar numa escola secundária.

O estudo preliminar foi efetuado com um conjunto de 9 indicadores e corantes disponíveis no armazém do Departamento de Química. Embora se tenham avaliado vários álcoois no estudo exploratório, o butanol foi rapidamente identificado como a escolha mais conveniente para a fase móvel. O processo de aplicação usado para todos os indicadores/corantes foi com um tubo/pipeta capilar. Na avaliação inicial de indicadores/corantes, colocámos no papel da fase estacionária um volume que correspondia a um altura de aproximadamente 5 mm de líquido num tubo/pipeta capilar. Todas as soluções das amostras foram preparadas em metanol com uma concentração de cerca de 0,5 wt%. Os indicadores incluídos no estudo mostraram índices de retenção entre 0,3 e 0,9 depois de uma eluição de 90 minutos. De entre todas as substâncias avaliadas, apenas três amostras foram selecionadas, para serem estudadas na próxima fase do estudo. Os indicadores escolhidos para essa fase foram *Rhodamina B*, vermelho de Cresol e violeta de *Gentian*. Para servir como componente da mistura padrão, a amostra teve que ser móvel nas condições aplicadas e fornecer uma única mancha, facilmente localizada. Foram selecionadas as três amostras identificadas de modo a ter um componente perto da frente da fase móvel e outro com um índice de retenção de cerca de 0,6.

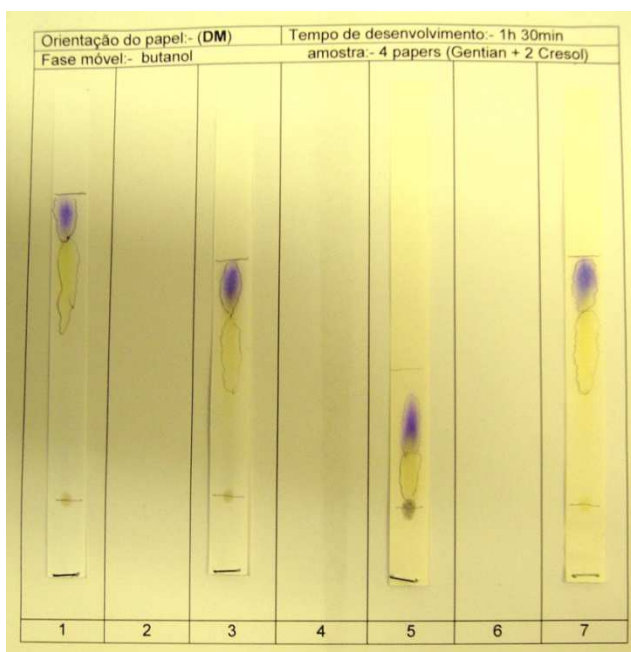
Uma vez identificados os indicadores/corantes a incluir na próxima fase do estudo, foram aplicadas quantidades diferentes de solução (0,5 wt%) a um papel selecionado. A quantidade foi fácil de controlar pela altura de líquido no capilar a colocar no papel. Para cada solução, foram ensaiadas quantidades que correspondiam a alturas de 2 a 10 mm. Estas experiências confirmaram que, com os indicadores *Rhodamina B* e violeta de *Gentian*, uma altura de cerca de 5 mm fornecia uma quantidade de composto fácil de localizar, com uma mancha relativamente compacta, depois de eluição, e com um rasto mínimo. No caso de vermelho de Cresol a altura que fornecia os melhores resultados foi cerca de 10 mm. O papel utilizado como fase estacionária nestes ensaios preliminares foi o “*Navigator*” (*Navigator*, hybrid 3R de 80 g.m<sup>-2</sup>), fabricado por Portucel Soporcel.



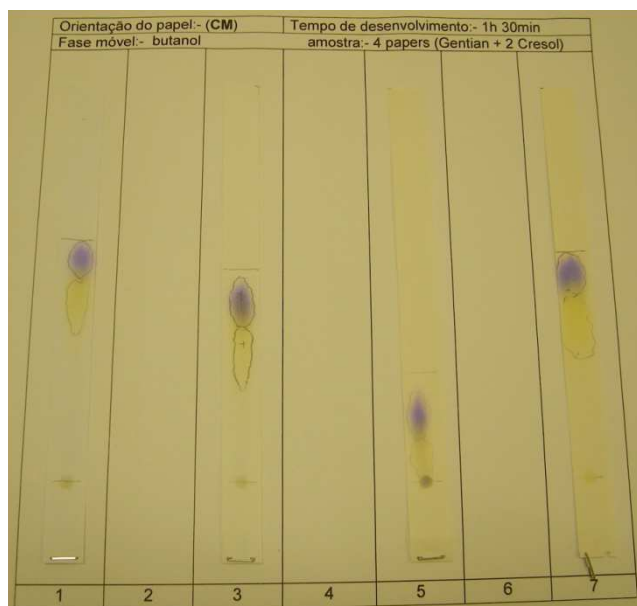
De modo a minimizar os erros associados com a colocação da amostra padrão em cada papel a caracterizar, foram preparadas duas soluções com os dois componentes. A quantidade relativa de *Rhodamina B* e vermelho de Cresol, e de violeta de *Gentian* e vermelho de Cresol, foi ajustada para 1:2, em cada caso, de modo a obter bons resultados com apenas 5 mm de uma aplicação única de cada mistura.

Estas duas soluções padrão foram submetidas a experiências comparativas com fases móveis diferentes, mas com a mesma fase estacionária e um período fixo de eluição 90 minutos. As fases móveis avaliadas foram etanol, propanol, butanol e pentanol. Os resultados confirmaram que apenas o butanol e o pentanol permitiam uma boa separação dos componentes com uma clara localização da frente de fase móvel e das duas manchas. Também nesta fase foi evidente que o comportamento da mistura violeta de *Gentian* e vermelho de Cresol foi melhor em termos de separação e visualização do que a outra mistura. Foi assim decidido que esta seria a única amostra padrão a entrar na fase final do estudo.

Como foi descrito no **Capítulo 2**, prepararam-se quatro papéis diferentes com orientação DM e CM. Cada papel foi sujeito a cinco ensaios e os índices de retenção foram calculados com o procedimento previamente descrito. O resultado de um dos ensaios está ilustrado nas **Figuras 3.23** e **3.24**.



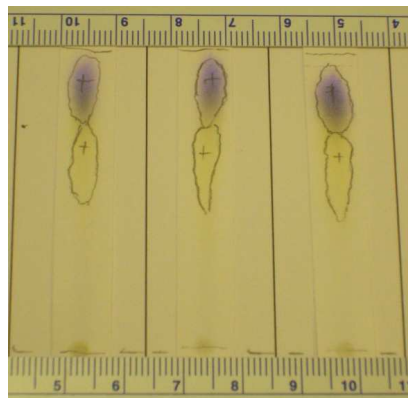
**Figura 3.23** | Estudo da influência da escolha da fase estacionária (fase móvel utilizada butanol, orientação **DM**) Amostra de referência Violeta de *Gentian*/Cresol vermelho. Fase estacionária *Navigator*; fase móvel utilizada butanol. **1. Discovery**  
**3. Quality** **5. Environmental**  
**7. Measure**



**Figuras 3.24** | Estudo da influência da escolha da fase estacionária (fase móvel utilizada butanol, orientação **CM**) Amostra de referência Violeta de Gentian/Cresol vermelho. Fase estacionária *Navigator*; fase móvel utilizada butanol. **1. Discovery 3. Quality 5. Environmental 7. Measure**

Embora estes papéis tenham sido selecionados para ser mais evidente a capacidade de diferenciação da técnica, é claro que a identificação de qualquer das quatro amostras de papel pela aplicação desta técnica é simples. Os resultados foram replicados com amostras de papel com a orientação CM. Os resultados com os papéis “questionados”, em duas orientações, são apresentados na **Tabela 3.1**.

É evidente que o processo de aplicação de amostras ao papel utilizado como fase estacionária é suscetível de introdução de pequenas diferenças de transferência entre aplicações e entre pessoas diferentes a participar no estudo. Apesar da existência destas diferenças, os resultados ilustrados na **Figura 3.25** mostram que é viável obter resultados consistentes nas condições experimentais utilizadas.



**Figura 3.25** | Demonstração da reprodutibilidade do processo cromatográfico (fase estacionária “Quality”, orientação **CM**, fase móvel Butanol)

**Tabela 3.1** | Valores de  $R_f$  para os componentes eluídos (**DM**)

Fase estacionária	1. dist (mm)	1. $R_f$	2. dist (mm)	2. $R_f$	Fm (mm)
Discovery	62,0	$0,75 \pm 0,02$	75,0	$0,91 \pm 0,01$	81,0
Quality	38,0	$0,64 \pm 0,02$	55,5	$0,90 \pm 0,01$	61,5
Environmental	9,1	$0,25 \pm 0,02$	20,5	$0,58 \pm 0,01$	35,5
Measure	41,5	$0,64 \pm 0,02$	58,5	$0,90 \pm 0,01$	64,5

**Tabela 3.2** | Valores de  $R_f$  para os componentes eluídos (**CM**)

fase estacionária	1. dist (mm)	1. $R_f$	2. dist (mm)	2. $R_f$	Fm (mm)
Discovery	50,0	$0,75 \pm 0,02$	61,0	$0,89 \pm 0,02$	65,0
Quality	37,5	$0,65 \pm 0,02$	50,5	$0,89 \pm 0,01$	56,5
Environmental	7,0	$0,22 \pm 0,02$	16,5	$0,59 \pm 0,01$	28,0
Measure	42,5	$0,68 \pm 0,02$	54,5	$0,90 \pm 0,01$	59,8

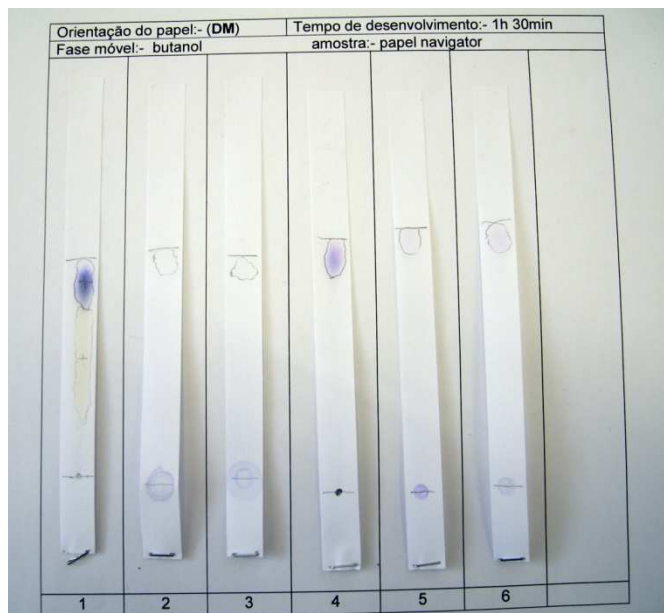
É possível aplicar a mistura padrão e identificar as amostras de papel pela sua capacidade de efetuar a separação dos componentes. A orientação CM permite obter melhores resultados porque as manchas obtidas encontram-se mais afastadas.



### 3.3.6| Identificação da tinta de um documento

Um dos cenários apresentados aos alunos como introdução à experiência pode ser baseado na descoberta de uma caneta esferográfica, na posse da pessoa suspeita de ter escrito uma carta de chantagem (em maiúsculas para disfarçar a letra). Amostras da tinta retiradas deste documento podem ser estudadas pela técnica de cromatografia em papel.

Os resultados da caracterização cromatográfica de duas canetas esferográficas são ilustrados na **Figura 3.26**. Neste estudo a amostra de tinta identificada como “Esferográfica” foi preparada pela aplicação direta da caneta no papel da fase estacionária. Na amostra identificada como “tinta *Reymon* – metanol”, a amostra de tinta foi obtida com o uso do furador para retirar 10 pequenos discos de uma linha de tinta aplicada pela caneta numa folha de papel da marca *Navigator* (**Figura 3.27**). A fase móvel utilizada foi o butanol.

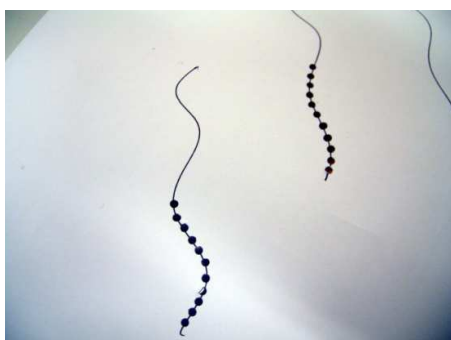


**Figura 3.26|** Estudo preliminar das canetas *Reymon* e *B&F*.

1. Esferográfica *Reymon*
2. *Reymon* - metanol
3. *Reymon* - piridina
4. Esferográfica *B&F*
5. *B&F* - metanol
6. *B&F* – piridina



A tinta destes discos foi extraída por contacto com metanol (apenas 5 gotas) durante cerca de 5 minutos. Um volume da solução resultante foi aplicado, com a ajuda de uma micro-pipeta capilar, à linha marcada no papel da fase estacionária. O mesmo processo de recolha de tinta com o furador foi repetido, mas no segundo estudo identificado como “tinta *Reymon* – piridina”. O mesmo volume de piridina foi usado para efetuar a extração da tinta.



**Figura 3.27** | Recolha de amostra da tinta com o furador



**Figura 3.28** | Aplicação da amostra com a micropipeta capilar

Os cromatogramas ilustrados na **Figura 3.26** demonstram a importância da aplicação de uma técnica adequada da colocação da amostra na superfície da fase estacionária. No caso do estudo preliminar da amostra 2 com metanol a área de aplicação da amostra foi maior. A aplicação da amostra com pequenos volumes não é fácil para alunos com pouca experiência prática. No estudo da tinta *B&F* a amostra foi aplicada com mais cuidado e com a ajuda de um secador de ar quente para evaporar o volume de amostra aplicada entre adições sucessivas (**Figura 3.28**). O resultado é uma colocação mais precisa da amostra e a ocupação de uma área menor. Este processo ajudou a manter uma mancha final mais pequena, com uma intensidade de cor maior que foi mais facilmente localizada na fase de observação do cromatograma.

Apesar da diferença na técnica utilizada, ambos os estudos permitem concluir que estas duas canetas podem ser caracterizadas com esta técnica de recolha de amostras de um documento. No caso da caneta *Reymon* apenas na amostra concentrada, obtida pelo uso da caneta diretamente no papel, é que foi possível visualizar o segundo componente amarelo presente na formulação da tinta. Isso pode ter sido uma



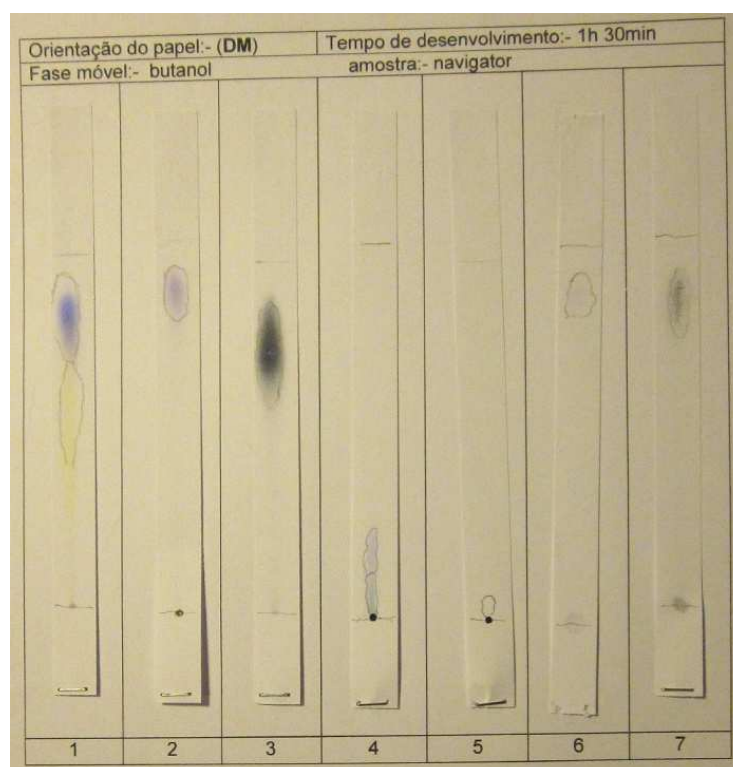


consequência da insolubilidade deste componente no solvente de extração (metanol e piridina) ou simplesmente da aplicação de uma quantidade de tinta insuficiente.

O estudo da caneta da marca *B&F* é mais simples no sentido em que com apenas um componente na tinta da caneta, é mais fácil chegar à conclusão que a tinta da linha do documento questionado é da marca *B&F*.

Finalmente, a comparação dos resultados obtidos neste estudo simples sugere que, com uma escolha adequada de canetas, é possível demonstrar a utilidade do método sem expor os alunos a um solvente tão tóxico como piridina.

Analisando os cromatogramas da **Figura 3.26** podemos verificar o efeito da extração da tinta de um documento com piridina e com metanol, mas com uma aplicação menos cuidada do extrato há uma certa dispersão e dificuldade em localizar a mancha (**Figura 3.26** 2,3 e 4,5). Com uma aplicação mais concentrada (melhor técnica e uso de secador) a localização é mais fácil e a identificação da tinta é mais segura (**Figura 3.29**).



**Figura 3.29** | Estudo comparativo das canetas selecionadas

1. Esferográfica *Reymon* 2. Esferográfica *B&F* 3. Esferográfica *Stabilo* 4. Esferográfica *Papermate* 5. Esferográfica *Staedler* 6. Tinta questionada A, tinta questionada B



No caso das canetas selecionadas (identificadas na legenda de **Figura 3.29**) o objetivo do estudo é alcançado com o uso de metanol, um solvente mais disponível e menos perigoso do que a piridina. Nesta experiência, cinco canetas de tinta preta, de marcas diferentes, foram utilizadas para colocar uma pequena quantidade de tinta diretamente nas tiras de papel (*Navigator*) usadas como fase estacionária. Linhas traçadas numa folha de papel com duas destas canetas foram perfuradas e os discos recuperados colocados num frasco de amostra com metanol para extração durante 5 minutos. No fim deste período, um volume controlado do solvente com tinta foi aplicado a uma tira de papel e sujeito ao mesmo processo de desenvolvimento cromatográfico. O resultado deste procedimento está ilustrado na **Figura 3.29**. Nesta imagem é fácil identificar as canetas “questionadas” como das marcas *B&F* e *Stabilo* (amostras A e B, respetivamente).

É evidente que as canetas utilizadas neste estudo foram criteriosamente selecionadas para simplificar a identificação, mas o resultado é de interpretação simples e ilustra convenientemente a aplicação de uma técnica atualmente utilizada no estudo de documentos recuperados e admitidos como provas em casos criminais.

### 3.4] LOCALIZAÇÃO DE MANCHAS DE SANGUE

Infelizmente acontecem crimes todos os dias. Muitas vezes, um dos objetivos de quem analisa a cena do crime é encontrar vestígios de sangue. Em algumas situações as manchas de sangue são evidentes, no entanto, há casos em que as manchas de sangue não são explícitas porque existe sempre a possibilidade do criminoso limpar a cena do crime. Como detetar rastros/vestígios de sangue, se estes não são visíveis à vista desarmada? A necessidade de detetar e/ou identificar a presença de vestígios de sangue existe há muito tempo, desde que os crimes são cometidos. E por isso mesmo estas cenas são comuns em vários filmes e séries criminais, mesmo nos mais antigos, como acontece por exemplo, no episódio seguinte, da série tão conhecida de *Sherlock Holmes: Study in Scarlet*, de Arthur Conan Doyle (London, 1897) “*Criminal cases are continually hinging upon that one point (the identification of blood residues). A man is suspected of a crime months perhaps after it has been committed. His linen or clothes*



*are examined and brownish stains discovered upon them. Are they blood stains, or mud stains, or rust stains, or fruit stains, or what are they? That is a question which has puzzled many experts, and why? Because there was no reliable test. Now we have the Sherlock Holmes test, and there will no longer be any difficulty.*” Neste episódio *Sherlock Holmes* conseguiu desenvolver um teste para identificar o sangue.

É importante, identificar o que pode ou não ser sangue no local do crime. Para isso, existem os chamados testes presuntivos, que são testes para a detecção de sangue, que colaboram para a investigação, pois são de fácil uso e interpretação. São testes sensíveis e precisos para detetar a presença do material procurado mesmo depois de algum tempo da ocorrência do crime e em condições adversas de conservação. No entanto, o técnico deve conhecer quando se pode usá-los e em quais situações os resultados se podem desviar do esperado. O teste aqui apresentado será aquele que utiliza o reagente de *Kastle – Meyer*. Trata-se de um teste presuntivo, que permitirá detetar a presença de vestígios de sangue.

O sangue é responsável por cerca de 8%, em média, da massa corporal humana. Este componente é descrito como uma mistura de várias substâncias, entre eles destacam-se as células, as proteínas, substâncias inorgânicas (sais) e água. Cerca de 55 % (em volume) do sangue é o que denominamos de plasma – constituído principalmente por água e sais dissolvidos. A maioria são células, como os glóbulos vermelhos (eritrócitos) e os brancos (leucócitos) com funções específicas no nosso organismo. O sangue efetua várias funções no corpo, podemos destacar o transporte de oxigénio e dióxido de carbono pelo nosso corpo. Ele é responsável pela troca de substâncias entre órgãos e transporta os produtos metabólicos. Também distribui as hormonas ao longo do organismo.

O reagente de *Kastle-Meyer* é constituído por uma mistura de produtos químicos. Um exemplo de proporção pode ser 0,1 g de fenolftaleína, 2,0 g de hidróxido de sódio (sob a forma de *pellet*), 2,0 g de pó de zinco metálico e 10 mL de água destilada. Na preparação do reagente ocorre a reação entre o pó de zinco e o hidróxido de sódio. O produto de interesse é o hidrogénio nascente, que garantirá a forma incolor da fenolftaleína. Se a amostra for de sangue, esta terá, necessariamente, hemoglobina, a qual possui a característica de decompor o peróxido de hidrogénio (comportamento de



peroxidase) em água e oxigénio nascente. Então, este oxigénio promoverá a forma colorida da fenolftaleína, evidenciando ao perito que a amostra pode conter sangue.

Atualmente, uma das atividades de ocupação dos tempos livres dos jovens portugueses é a visualização de várias séries televisivas e a maioria dos alunos tem uma enorme curiosidade associada ao teste de *Kastle-Meyer*, sendo assim o professor tem aqui uma oportunidade para motivar os alunos a preparar soluções, neste caso os reagentes usados neste teste. Por se tratar de um *spot test* é um teste bastante simples de realizar e pouco dispendioso. Para além de ser também uma atividade muito atrativa para realizar num Clube de Ciências da escola ou nos habituais dias da ciência realizados nas escolas pelos diferentes grupos disciplinares de ciências experimentais. Para isso, é apenas necessário dispor de um pedaço de carne e os reagentes necessários para a realização do teste, descritos no parágrafo anterior. Utilizar um *swab* e humedecê-lo com um pouco de água destilada e passá-lo no resíduo de sangue. Em seguida, adicionam-se 2/3 gotas do reagente de água oxigenada e 2/3 gotas de solução alcoólica de fenolftaleína. Facilmente e rapidamente se deteta a alteração de cor transparente para carmim, o que confirma a presença de sangue. Será uma atividade demonstrativa.

Esta atividade exige alguns cuidados específicos de segurança, não devem ser usadas amostras de sangue humano, o professor pode e deve optar por usar amostras de sangue animal ou sangue artificial, incluídas no *kit* que para além disso, inclui os reagentes, peróxido de hidrogénio e fenolftaleína e vários *swab*. Também se deve evitar o uso da faca, principalmente se esta atividade for realizada com alunos mais novos, não têm maturidade suficiente para manipular este tipo de instrumentos, e numa brincadeira de adolescentes podem magoar alguém. Devem também ser respeitados os cuidados mencionados nos rótulos dos reagentes e as habituais regras de segurança num laboratório de química.



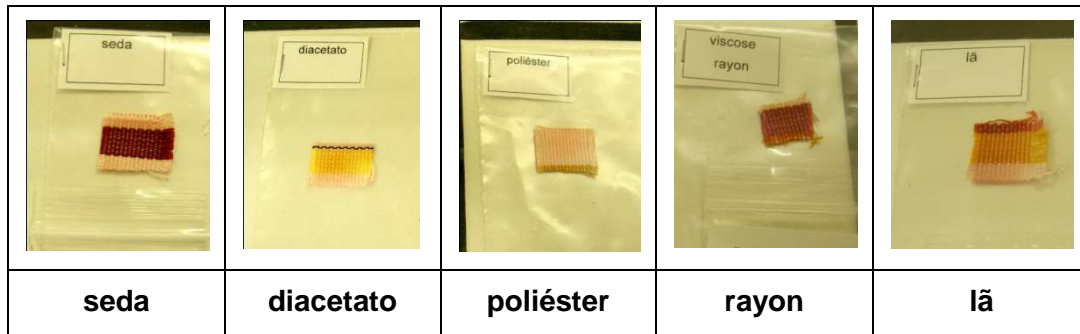
### 3.5| IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE FIBRAS

No 7.º ano, a componente de Química inicia-se com as diferentes classificações dos materiais. Uma dessas classificações está relacionada com a sua origem, isto é, os materiais são classificados em materiais naturais ou sintéticos. Nesta altura, como exemplo de materiais sintéticos, o professor pode apresentar as fibras e a partir daí facilmente poderá demonstrar um teste para a identificação das diferentes fibras. O procedimento é muito simples.

Por vezes uma das provas encontradas no local do crime são fibras ou fragmentos de tecidos, deixadas acidentalmente, ou então colocadas na cena do crime para incriminar alguém em específico. Será possível identificar o tipo de fibra encontrada no local do crime? Sim é possível fazê-lo através de uma técnica muito simples. A técnica aqui descrita é fácil de implementar e segura, por isso pode ser feita por alunos de qualquer ano de escolaridade. Consiste na utilização do reagente *Shirlastain A*, que é uma solução de três corantes estruturalmente diferentes. Cada um dos corantes mancha um determinado tipo de fibra (**Figura 3.30**), de uma forma característica, por exemplo o *nylon* adquire uma cor amarelo pálido e o algodão uma cor azul – arroxeadado (**Figura 3.31**). Depois de previamente aquecido o reagente *Shirlastain A*, mergulha-se o tecido nesta solução e a respetiva mudança de cor é imediata. É suficiente passar o tecido por água corrente e comparar a cor obtida com as amostras ou fita padrão (**Figura 3.32**) fornecidas juntamente com o *kit* que inclui o reagente *Shirlastain A*. Os alunos devem ser informados que existem vários reagentes *Shirlastain* e que uns são mais indicados para um determinado tipo de tecidos do que outros.



**Figura 3.30|** Amostras de têxteis questionados



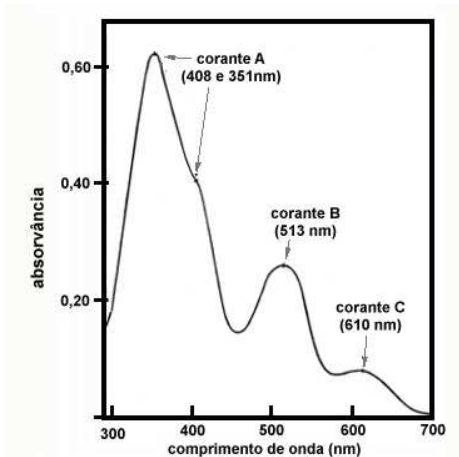
**Figura 3.31** | Têxteis “questionados”, depois do tingimento com *Shirlastain A*



**Figura 3.32** | Identificação dos têxteis, fita padrão

Os alunos podem ser questionados porque razão o reagente *Shirlastain A* mancha os tecidos com cores diferentes. Com a ajuda do professor, os alunos da turma provavelmente chegarão à conclusão que os corantes A, B e C são fixados de modo diferente, ou em proporções diferentes às superfícies das fibras analisadas o que resulta numa coloração diferente do tecido.

De modo a direcionar a explicação dos resultados observados, o professor pode mostrar o espectro UV/Vis da solução *Shirlastain* utilizado para tingir as fibras (**Figura 3.33**).



**Figura 3.33** | Espectro UV/Vis da solução *Shirlastain A*



Traçando um espectro na região do UV/Vísivel (300 – 700 nm) de uma solução diluída do reagente *Shirlastin A* é possível observar três picos distintos (**Figura 3.33**) o que significa que existem 3 corantes diferentes no reagente em estudo. A natureza dos corantes e como eles são absorvidos pelos vários tipos de fibras, como a celulose, o algodão e o rayon resulta numa mudança de cor diferente, mas característica de cada tipo de fibra. Isto é particularmente útil no estudo de polímeros. Dependendo da turma e das suas características, o professor pode questionar os alunos acerca das características dos corantes e sugerir a realização de um cromatogramas podendo nesta altura relacionar conteúdos e uma vez mais, realçar algumas das vantagens associadas à técnica cromatográfica. A utilização do reagente *Shirlastain A* é uma técnica que pode ser realizada pelos alunos de acordo com os procedimentos referidos pelo professor. Permite obter resultados imediatos visualizados pela mudança de cor e posterior comparação com as amostras padrão incluídas no *kit*. Para tal, é necessário aquecer o reagente *Shirlastain A*, num copo de precipitação com uma placa de aquecimento, sem ferver e mergulhar as fibras no reagente durante cerca de 1 minuto. Seguidamente, lavar a amostra com água corrente e deixar secar para posterior comparação com as amostras fornecidas no *kit* (seda, algodão, *rayon*, *poliéster*, *nylon*, linho, acetatos e acrílicos). Devem ser respeitados os cuidados mencionados nos rótulos dos reagentes e as habituais regras de segurança num laboratório de química.



### 3.6| Bibliografia e referências

- [1] M.J. Moyano, F.J. Heredia, A.J. Melendez-Martinez, “The color of olive oils: Their pigments and their likely health benefits and visual and instrumental methods of analysis”, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9 (2010) 278-291.
- [2] D. Escolar, M.R. Haro, J. Ayuso, “The color space of foods: virgin olive oil”, *J. Agric. Food. Chem.*, 55(6) (2007) 2085-2093.
- [3] D. Escolar, M.R. Haro, J. Ayuso, "An efficient method for a numerical description of virgin olive oil color with only two absorbance methods", *J. Am. Oil Chemists Soc.*, 79(8) (2002) 769-774.
- [4] The olive oil source, Chemical composition, <http://www.oliveoilsource.com/page/chemical-characteristics> (Data de consulta: 22 de Fevereiro de 2012).
- [5] M. Moore, "Italian police crack down on olive oil fraud", *The Telegraph*, Londres March 15, 2008).
- [6] S. Semenak, Canwest News Service, National Post, Toronto, Canadá (15 de Março de 2010).
- [7] C.H. Breedlove, “The analysis of ball-point inks for forensic purposes”, *J. Chem. Educ.*, 66 (1989) 170-171.
- [8] Crouse, B.W, Wimer, D.G., Institute of Paper Science and Technology, “Alkaline papermaking: an overview”, paper tps-361, Atlanta, Georgia (USA). Site visitado: <http://smartech.gatech.edu/xmlui/handle/1853/2159> (Data de consulta: 21 de Maio de 2012).
- [9] Ziderman, I. I. *J. Forensic Sciences*. **1981**, 387-392.
- [10] Pulp and paper resources and information website, (Data de consulta: 29 de Outubro de 2012) <http://www.paperonweb.com/index.htm>
- [11] Aginsky, V.N., “Writing media and documents”, In *Handbook of Analytical Separations*, Smith, R.M., Bogusz, M., Vol 2, Forensic Science, Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands, 2011, p 923-940.





## CONCLUSÃO

Neste capítulo propomos um conjunto de experiências que são interessantes, motivadoras e atrativas para os alunos que estudam Física e Química, no ensino básico e secundário. O objetivo das atividades descritas é que o aluno desenvolva o gosto pelo estudo das ciências. A determinação da densidade de sólidos e de líquidos, a deteção de falsificações/adulterações de óleos alimentares, o uso da cromatografia para a comparação de papéis e tintas de diferentes canetas, a deteção de manchas de sangue pelo *spot test* e a identificação de fibras têxteis com o reagente *Shirlastain* foram as atividades escolhidas e que permitirão ao professor e ao aluno aulas motivantes que ficarão na memória dos alunos. A forma como estas atividades foram aqui abordadas exigiu bastante tempo e com este conjunto de atividades pretende-se que o professor de Física e Química encontre aqui uma ajuda na preparação de algumas aulas/atividades sugeridas no programa da disciplina pelo Ministério da Educação.

É evidente que existem muitas outras experiências igualmente interessantes, como o estudo de amostras de solo, a identificação de resíduos de pólvora e explosivos, a caracterização de cinzas de tabaco, o estudo de resíduos de incêndios e a revelação de impressões digitais, mas não foi possível abordar todas as situações neste trabalho.

O potencial associado a esta área é enorme e pode ser um trunfo a usar pelo professor nas suas aulas, porque lhe permitirá atrair a atenção do aluno, pode ajudá-lo na disciplina dentro da sala de aula. Com alunos mais motivados será mais fácil melhorar os resultados obtidos à disciplina, uma vez que os alunos certamente prestarão mais atenção e estarão mais empenhados.