



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Ciências

Relatório de Estágio

Processos Físicos de Separação dos Componentes de uma Mistura

Carla Alexandra Vieira Morais

Relatório de Estágio para a obtenção do Grau de Mestre em
**Ensino de Física e Química no 3º ciclo do Ensino Básico e no
Ensino Secundário**
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Professora Doutora Maria Isabel Guerreiro da Costa Ismael

Covilhã, outubro de 2012

A par com as competências necessárias para ensinar, um professor deve ter carisma, sensibilidade e até mesmo sentido de humor... mas considero que acima de tudo, o professor deve gostar e acreditar naquilo que faz, pois só assim pode proporcionar um ensino motivador, que estimule a aprendizagem e envolva os seus alunos, tal como defende o provérbio chinês:

**“Diz-me e eu esquecerei,
Ensina-me e eu lembrar-me-ei,
Envolve-me e eu aprenderei”**

Agradecimentos

A concretização deste trabalho não teria sido possível sem o apoio e colaboração de várias pessoas. A todos gostaria de exprimir os maiores agradecimentos e aqui reconhecer o seu importante contributo. Assim, gostaria de agradecer:

À Professora Doutora Isabel Ismael, pela orientação, permanente disponibilidade e pelas críticas e sugestões relevantes feitas ao longo da elaboração deste trabalho e de diversas atividades realizadas ao longo do estágio pedagógico no ano letivo 2011/2012.

À minha orientadora pedagógica, a professora Margarida Pinho, pelo empenho, entusiasmo e orientação exímia prestada ao longo de todo o estágio, assim como, por toda a amizade e dedicação que demonstrou. Foram sem dúvida, muitos os ensinamentos que me transmitiu.

Ao Professor Doutor Paulo Parada pela sua disponibilidade e apoio prestado no esclarecimento de dúvidas da componente de Física.

À Escola Secundária Frei Heitor Pinto pela forma como me recebeu e auxiliou em todas as atividades desenvolvidas ao longo do estágio pedagógico.

Aos alunos do 7º A e da turma de Física de 12º ano, com os quais tive oportunidade de trabalhar, sem eles nada seria possível.

Aos meus pais e ao Gonçalo, por todo o amor, paciência e compreensão demonstrados.

A todos quantos contribuíram, de alguma forma, para a concretização deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

Resumo

Pretende-se que este trabalho seja um contributo não só para melhorar o ensino das Ciências Físico-Químicas e da Química em particular, mas também para desenvolver nos alunos o gosto pela aprendizagem nesta disciplina e despertar nos professores desta área, um maior espírito crítico.

O presente trabalho apresenta a sustentação teórica de uma das aulas lecionada pela autora, como lhe foi solicitado, sendo ainda incluídas a planificação dessa aula e observações sobre a aplicação da mesma, na sala de aula. A planificação foi feita numa perspetiva CTS -A (Ciência - Tecnologia - Sociedade - Ambiente), dando relevo à vertente experimental, para uma introdução ao trabalho laboratorial, já que os alunos estavam a iniciar o estudo da Química.

A escolha do tema “Processos Físicos de Separação dos Componentes de uma Mistura” decorreu naturalmente da formação base da autora em química e do facto de os referidos processos serem das técnicas mais frequentemente utilizadas em pequena escala ou na indústria química.

Para o tratar foi pesquisada informação em várias fontes, incluindo as orientações programáticas e manuais escolares. Neste documento fazem-se algumas observações sobre a abordagem feita nalgumas das fontes consultadas.

Para maior utilidade de quem venha a consultar este documento, acrescenta-se nele uma proposta de atividade extracurricular facilitadora das aprendizagens e capacidades a desenvolver pelos alunos, definidas como objetivos gerais para o 3º Ciclo do Ensino Básico.

Palavras-chave

Ensino da Química, Processos Físicos de Separação dos Componentes de uma Mistura.

Abstract

It is intended that this paper contributes not only to improve the teaching of the Physics - Chemistry sciences, particularly Chemistry but also develops in the students the motivation to learn this subject and stimulates in the teachers of this area a stronger critical sense.

This document shows the theoretical support of one of the lessons carried out by the author herself, as one asked her to do, and it also includes the lesson plan and the observations concerning its application, within the classroom. The plan was elaborated by using a **STS - A** (Science Technology Society- Environment perspective, giving special emphasis to the experimental method, in order to introduce the laboratorial work, once the students were just beginning their study concerning Chemistry.

The choice of the theme: “Physical Processes of Separating the Components of a Mixture” came naturally out of the author’s basic education in Chemistry and because the above mentioned methods are the most common techniques used in small scale or within the Chemistry industry.

Throughout this paper a lot of information was researched in several sources, including the Programme orientations and the books adopted. In this document some observations about the approach presented in some of the consulted sources are made.

Aiming that this document might be as useful as possible for those who read it, one add a proposal of an extracurricular activity which facilitates the learning and the skills meant to be developed by the students, defined as general objectives for the 7th, 8th and 9th forms.

Keywords

Chemistry teaching, Physical Processes of Separating the Components of a Mixture.

Índice

| | |
|--|-----|
| Capítulo 1 - Introdução | 1 |
| Capítulo 2 - Revisão Temática das Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico e do Programa Nacional do Ensino Secundário..... | 3 |
| 2. Introdução | 3 |
| 2.1. Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico | 3 |
| 2.2. Orientações curriculares para o Ensino Secundário | 6 |
| 2.2.1 Considerações gerais | 6 |
| 2.2.2. Componente de Química - Materiais | 8 |
| Capítulo 3 - Teoria sobre o tema “Processos físicos de separação dos componentes de uma mistura” | 12 |
| 3. Introdução | 12 |
| 3.1 Classificação de materiais, quanto à sua composição: (pré-requisito) | 12 |
| 3.1.1. Substâncias e misturas de substâncias | 13 |
| 3.2. Processos físicos de separação dos componentes de uma mistura | 16 |
| 3.2.1. Introdução | 16 |
| Capítulo 4 - Proposta de Atividade Extracurricular | 75 |
| 4 - Introdução | 75 |
| 4.1. Destilação Solar | 76 |
| 4.1.1. Energia solar e radiação emitida pelos corpos | 77 |
| 4.1.2. Destiladores Solares | 79 |
| 4.2. Metodologia | 82 |
| Capítulo 5 - Prática de Ensino Supervisionado | 86 |
| 5. Introdução | 86 |
| 5.1. Componente de Química | 88 |
| 5.2. Componente de Física | 96 |
| Capítulo 6. Conclusão | 104 |
| ANEXOS | 112 |
| ANEXO I: Processos físicos de separação dos componentes de uma mistura..... | 112 |
| Anexo II: Prática de Ensino Supervisionado | 118 |
| Componente de Química: Aula Processos de Separação dos Componentes de uma Mistura | 118 |
| Componente de Física: Lei de Ohm | 138 |
| Associação de resistências em série e em paralelo | 138 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Organização dos temas gerais do Ensino Básico (adaptado de Galvão et al, 2001). ... | 5 |
| Figura 2 - Organização dos temas gerais Física e Química A (adaptado de Martins et al, 2001). | 9 |
| Figura 3 - Principais processos físicos de separação abordados no 10º ano de escolaridade (Martins et al,2001). | 10 |
| Figura 4 - Classificação dos materiais (adaptado de Chang, R. (1998)). | 13 |
| Figura 5 - Efeito Tyndal: 1. Solução homogénea. 2. Mistura coloidal. In: http://www.agracadaquimica.com.br/index.php?acao=quimica/ms2&i=3&id=552 | 14 |
| Figura 6 - Diferentes processos físicos de separação dos componentes de uma mistura. | 16 |
| Figura 7 - Diferentes processos físicos de separação dos componentes de uma mistura heterogénea sólida. | 17 |
| Figura 8 - a) peneiração manual (aula do 7º A); b) Peneiros de aço com diferentes granulometrias; c) coluna de peneiros com diferentes granulometrias, em agitador mecânico. | 17 |
| Figura 9 - Peneiração de grãos de batata-doce de diferentes granulometrias, com o objetivo de obter farinha como produto final (In: Costa et al, 2012). | 18 |
| Figura 10 - a) movimento e momento magnético de spin. b) material com domínios desalinados. | 19 |
| Figura 11 - Representação de um material ferromagnético: I- temporária; II- permanente (in Mussoi, 2007). | 19 |
| Figura 12 - Comportamento de uma substância: a) paramagnética; b) diamagnética e c) ferromagnética, na presença de um íman (in: Mussoi, 2007). | 20 |
| Figura 13 - Separação magnética: a) mistura de enxofre e limalha de ferro; b) mistura de diferentes materiais (ferro, aço, plástico, etc.). | 20 |
| Figura 14 - Separação magnética: a) mistura de enxofre e limalha de ferro; b) mistura de diferentes materiais (ferro, aço, plástico, etc.). | 23 |
| Figura 15 - Diagrama Pressão - Temperatura de uma substância pura (adaptado de http://teixeiras.no.sapo.pt/termodin_ficheiros/Cap.2.pdf e de Pombeiro, 1998). | 24 |
| Figura 16 - Montagem frequentemente utilizada em laboratório para a sublimação do iodo In: http://zj5.dillini.uni.me/7vR | 25 |
| Figura 17 - Sublimadores de vácuo. A, B - entrada e saída de água de refrigeração. C - mistura refrigerante. D- banho de aquecimento. E - ligação à fonte de vácuo. F - entrada de gás arrastador. G - algodão em rama ou lã de vidro. H - sólido a sublimar. I - sólido sublimado (in: Pombeiro, 1998). | 26 |
| Figura 18 - a) Mistura de areia e cloreto de sódio; b) extração por solvente ou dissolução seletiva, utilizando água como solvente. | 27 |
| Figura 19 - Processo de dissolução, do ponto de vista molecular (adaptado de Chang, 1998). 29 | |

| | |
|--|----|
| Figura 20 - Interação entre diferentes tipos de soluto e solvente, e ocorrência ou não do respectivo processo de dissolução (adaptado de http://150.162.31.1/~minatti/aulas/qmc5225/aula_08_organica_intro/sld055.htm). | 30 |
| Figura 21 - Efeito de solvatação (hidratação) de um solvente num soluto (in: http://galileo.netii.net/quimica/imgq/solvatacao/). | 31 |
| Figura 22 - Diferentes processos físicos de separação dos componentes de uma mistura heterogénea sólido - líquido. | 32 |
| Figura 23 - Processo de decantação sólido-líquido. | 33 |
| Figura 24 - Diferentes tipos de sedimentação (in: http://jararaca.ufsm.br/websites/ces/download/A3.pdf) | 34 |
| Figura 25 - Forças que atuam numa partícula durante uma sedimentação discreta (in: http://pessoal.utfpr.edu.br/jcrazevedo/arquivos/sedimentacao.pdf). | 34 |
| Figura 26 - Filtros de papel: a) para café, b) filtro do ar (automóvel) e c) no aspirador. in: http://www.artesanatododebom.com.br/decoupage/caixa-mdf-com-filtro-de-papel-reciclado.php ; http://www.autopecasxavier.com.br/Filtro_de_Oleo_206_-_207_-_307_-_C3_-_C4_Partner_Transit.p.18339p.aspx e http://gavamaquinas.com.br/v2/acessorios.html). . | 36 |
| Figura 27 - Filtros em tecido: a) num aspirador; b) para café; c) num ventilador in: http://vitalecafe.blogspot.pt/2011/07/coador-de-pano-individual.html http://www.darlen.com.br/Tasco_Acess%C3%B3rios_Climatecnica.htm) | 36 |
| Figura 28 - Meios filtrantes: a) papel de filtro e b) placa filtrante em cadinho. In: http://jjimeno.com/2834-papel-filtro-cualitativo-grado-1-70-mm-whatman-91000001274.html e http://www.proanalise.com.br/webroot/loja/cadinhos-filtrantes/433-cadinho-filtrante-em-vidro-schott-duran-.html | 36 |
| Figura 29 - a) Filtração por gravidade ou a pressão normal; b) filtração por sucção ou a pressão reduzida. | 38 |
| Figura 30 - a) Filtração por sucção com trompa de vácuo. b) Filtração por sucção com bomba de vácuo (adaptado de Simões, 1999). | 39 |
| Figura 31 - Procedimento de filtração por sucção ou a pressão reduzida: 1) montagem do material, 2) colocação do papel de filtro, 3) ligação ao vácuo, 4) filtração e lavagem, 5) remoção do sistema de vácuo (desligar), 6) remoção do papel de filtro, 7) resíduo sólido (adaptado de: http://orgchem.colorado.edu/Technique/Procedures/Filtration/Filtration.html .) | 40 |
| Figura 32 - Forças exercidas durante o processo de filtração. | 40 |
| Figura 33 - Esquema de sedimentação e centrifugação de partículas (in: Neves, 2007). | 44 |
| Figura 34 - Diferentes tipos de centrífugas. a) Centrífuga elétrica de bancada (laboratório): modelo usado na aula lecionada ao 7º ano. b) Centrífuga de laboratório refrigerada. c) Centrífuga manual. d) Centrífuga Industrial. e) Ultracentrífuga. f) Centrífuga para salada (in: http://www.labosistema.pt/default.aspx?tabid=67&categoryid=24&productid=16&language=enus , http://www.cortech.com.br/prod5.html http://www.euroferragens.com.br/loja.phtml?f= | |

| | |
|--|----|
| 1&cprod=969http://www.analiticaweb.com.br/produtos_detalhe.php?an=&Bid=p4af2c1fb9ef16 http://www.guillemdefak.com/fotos/displayimage.php?album=11&pos=44). | 44 |
| Figura 35 - Colocação dos tubos de centrífuga nos rotores de uma centrífuga. | 45 |
| Figura 36 - Processos físicos de separação dos componentes de uma mistura heterogénea líquido - líquido. | 46 |
| Figura 37 - a) procedimento de decantação líquido-líquido. b) pêras/âmpolas de decantação com diferentes formatos (<i>in</i> : Simões, 1999). | 47 |
| Figura 38 - Processos físicos de separação dos componentes de uma mistura homogénea. ... | 48 |
| Figura 39 - Velocidade de nucleação (V_n) e de crescimento (V_c) de um cristal em função do grau de saturação (<i>In</i> : Pombeiro, 1998). | 51 |
| Figura 40 - Relação entre o grau de saturação (GS) e o tempo t necessário à formação de cristais visíveis (<i>in</i> : Pombeiro, 1998). | 52 |
| Figura 41 - a) ferrocianeto de potássio tri-hidratado em rocha. b) sulfato de cobre pentahidratado em búzio (<i>In</i> : http://web.ist.utl.pt/clementina/). | 53 |
| Figura 42 - Pressão atmosférica e pressão de vapor numa situação de equilíbrio dinâmico (adaptado de Erie, 2007). | 57 |
| Figura 43 - Fenómenos de: a) evaporação e de b) ebulição. Em a) as bolhas de vapor não se formam no seio do líquido porque a pressão de vapor é menor do que a pressão atmosférica ($P < P_{atm}$). Em b) as bolhas de vapor formam-se no seio do líquido e sobem, sendo neste caso a pressão de vapor igual ou superior à pressão atmosférica ($p \geq P_{atm}$) (adaptado de Eric, 2007). | 57 |
| Figura 44 - Curvas de pressão de vapor ou de vaporização para três substâncias diferentes: a) éter dietílico, b) etanol, c) água (adaptado de Erie, 2007). | 58 |
| Figura 45 - Composição do destilado e do resíduo ao longo de uma destilação para uma: a) mistura ideal, b) mistura com azeótropo de mínimo e c) mistura com azeótropo de máximo (adaptado de Neves, 1997). | 59 |
| Figura 46 - a) Montagem para a realização de uma destilação simples a pressão normal. 1) Entrada de água no condensador; 2) saída de água no condensador. b) Posição do termómetro para correta deteção da temperatura. c) Pedacos de porcelana porosa. | 63 |
| Figura 47 - Gráficos temperatura vs tempo para as misturas: a) água - éter b) água-Benzeno e c) Benzeno - álcool etílico. | 64 |
| Figura 48 - Montagem para a realização de uma destilação fracionada. | 65 |
| Figura 49 - I) Diferentes colunas de destilação: a. coluna de Yung, b.coluna de Vigreux, c. coluna de pratos e d. coluna de fracionamento. II) diferentes materiais de enchimento da coluna de fracionamento. | 65 |
| Figura 50 - Separação dos pigmentos que constituem dois corantes alimentares por cromatografia em papel (cromatografia realizada na aula do 7º A). | 71 |
| Figura 51 - Cromatograma com a marcação de a e b, para posterior cálculo de R_f (adaptado de http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAC1IAD/cromatografia-papel). | 72 |

| | |
|---|-----|
| Figura 52 - a) Bata “decorada” com recurso à “cromatografia”. b) Crianças do Primeiro Ciclo realizam “cromatografia” em tecidos. | 73 |
| Figura 53 - A Radiação incidente num corpo divide-se em radiação refletida, radiação absorvida e radiação transmitida (adaptado de Ventura et al (2007))...... | 78 |
| Figura 54 - Molécula que oscila, produzindo radiação eletromagnética (adaptado de Ventura et al (2007)). | 78 |
| Figura 55 - a) Destilador solar de fundo raso e cobertura inclinada. b) Destilador solar duas águas de fundo cónico. [In: http://www.sitiosolar.com/los%20destiladores%20solares.htm . | 80 |
| Figura 56 - I. Destiladores solares de fundo raso. a) duas águas. b) Cobertura circular. II. Destilador solar em cascata..... | 80 |
| Figura 57 - Destilador solar esférico com motor | 81 |
| Figura 58 - Destilador solar a ser construído. | 83 |
| Figura 59 - Tema e respetivo material referente a uma das aulas de Química..... | 88 |
| Figura 60 - Tema e respetivo material de uma das aulas lecionadas na componente de Física. | 96 |
| Figura 61 - Curvas características obtidas na aula a) resistências, b) díodo (LED) e c) filamento de uma lâmpada de incandescência..... | 102 |
| Figura 62 - Dobragem de papel de filtro liso e respetiva adaptação do mesmo a um funil (adaptado de Simões, 1999 e de Pombeiro, 1998)..... | 114 |
| Figura 63 - Dobragem de papel de filtro de pregas (adaptado de Simões, 1999 e de Pombeiro, 1998). | 115 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|-----|
| Tabela 1- Alguns azeótropos com mínimos e com máximos (adaptado de Neves, 1997). | 60 |
| Tabela 2 - Classificação de diferentes tipos de separação cromatográfica em função de critérios como o princípio de separação ou o estado físico da fase móvel e estacionária (adaptada de Simões, 1999). | 70 |
| Tabela 3 - Aulas assistidas nas componentes de física e de química ao longo do ano letivo... | 87 |
| Tabela 4 - Características de solubilidade de compostos iónicos em água a 25°C. | 112 |
| Tabela 5 - Graus de porosidade e respetivas características dos papéis de filtro qualitativos. | 113 |

Lista de Acrónimos

| | |
|------|---|
| CTS | Ciência, Tecnologia e Sociedade |
| CTSA | Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente |
| GC | <i>Gasose chromatography</i> |
| HPLC | High Pressure Liquid Chromatography |
| TIC | Tecnologias de Informação e Comunicação |

Capítulo 1 - Introdução

Sendo o objeto maior da Química o estudo da composição das substâncias e das suas transformações compreende-se que a sua obtenção, a partir das misturas presentes em quase todos os materiais que nos rodeiam, fosse desde sempre um dos maiores anseios do Homem. Os processos da sedimentação, decantação, filtração, cristalização, sublimação ou destilação já eram conhecidos e aplicados pelos alquimistas, na procura da concretização dos seus sonhos de transformação do vulgo no nobre metal, ou da descoberta do elixir da juventude. Desde então houve uma grande evolução dos equipamentos utilizados e uma maior eficácia dos resultados obtidos graças à compreensão dos fenómenos e da ciência subjacente. Os alquimistas tiveram um papel importante, mas foi Lavoisier, com a colaboração da sua mulher, que iniciou o trabalho em laboratório, nos moldes modernos.

Hoje em dia, os processos de separação/purificação são das técnicas mais aplicadas na Química e na indústria química. São conhecidos e usados há muito tempo mas cada vez com maior complexidade de equipamentos e procedimentos.

As etapas seguidas para a lecionação do tema: “Processos Físicos de Separação dos Componentes de uma Mistura”, foram:

- a) Pesquisa de informação de qualidade para a preparação da docente, sob o ponto de vista científico e didático do tema.
- b) Conhecimento das orientações programáticas para a unidade a lecionar e pesquisa de diferentes abordagens em manuais escolares e outras fontes.
- c) Planificação da unidade a lecionar, adequando-a ao desenvolvimento e conhecimentos de alunos do sétimo ano de escolaridade, procurando usar uma linguagem simples, mas rigorosa e dedicar atenção a conceções alternativas habituais para o assunto a tratar.
- d) Reflexão crítica sobre as aulas lecionadas

A estrutura deste trabalho inclui todas as etapas, atrás citadas, e assim distribuídas:

1. Orientações Curriculares do 3º Ciclo do Ensino Básico e do Programa Nacional do Ensino Secundário, referindo quais os principais objetivos a desenvolver com os alunos, assim como o que estes devem assimilar e explicar no âmbito da unidade.
2. Teoria sobre processos físicos de separação de misturas, além dos conceitos necessários à compreensão de cada processo, é feita uma reflexão crítica face a algumas conceções alternativas existentes por parte dos alunos e/ou à forma como os conteúdos em questão são frequentemente abordados/ lecionados.
3. Proposta de Atividade extracurricular: para consolidar as aprendizagens a autora apresenta propostas de atividades a desenvolver com os alunos, fora do horário letivo, por

exemplo num clube de Ciência. Estas propostas foram pensadas numa perspetiva CTS - A (Ciência - Tecnologia - Sociedade) - (Ambiente), privilegiada pelos atuais currículos e programas e pensadas de modo a desenvolver competências experimentais, de trabalho de equipa e de resolução de problemas, entre outras, destacadas nas orientações curriculares do 3º Ciclo do ensino Básico.

4. Planos de aulas e considerações sobre as mesmas. Apresentam-se os planos de aula e respetivos recursos educativos que foram utilizados na lecionação das aulas no ensino básico e secundário. Aqui é também feita uma autoavaliação do trabalho desenvolvido e consideradas possíveis reformulações para lecionação do tema no futuro.

5. Conclusão

Nota final: a letra itálica encontram-se considerações pessoais que a autora julga relevantes, após a experiência adquirida no estágio.

Capítulo 2 - Revisão Temática das Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico e do Programa Nacional do Ensino Secundário

2. Introdução

Neste capítulo faz-se uma síntese das informações recolhidas em consulta aos currículos e programas da disciplina de Físico-Químicas, dando especial ênfase à componente da Química e às unidades onde se insere o tema abordado neste trabalho: “Processos Físicos de Separação dos Componentes de uma Mistura” (7º e 10º ano de escolaridade). As restantes unidades surgem em mapas ou tabelas para ajudar a situar o tema na sequência das unidades temáticas de cada ano, e facilitar uma visão geral do programa. Esta opção foi tomada por os programas já estarem em vigor há já alguns anos, serem muito extensos e não ser relevante a referência às partes omitidas para a leitura e compreensão deste trabalho.

Para o 3º ciclo as orientações curriculares, para a disciplina de Ciências físico-Químicas, são muito gerais e a definição de metas é pouco definida ao contrário do que acontece para o ensino secundário. Por esse motivo, registam-se mais diferenças nos manuais escolares do 3º ciclo e os professores têm um papel mais determinante na definição de objetivos e na planificação das aulas.

O tema é abordado no 7º ano de escolaridade, ano em que os alunos iniciam a disciplina com uma carga horária de 90 minutos a que correspondeu uma hora semanal, por decisão da escola. No 10º ano de escolaridade o tema é retomado sugerindo-se uma abordagem essencialmente prático-laboratorial.

2.1. Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico

Os princípios orientadores da disciplina de Ciências Físico-Químicas para o ensino básico surgem como a “integração no projeto educativo de cada escola” previsto pelo Ministério da Educação em 2001. A proposta destas orientações curriculares prende-se com a intenção de criar novas formas de dinamizar as aulas, implementando novas experiências educativas. Segundo as recomendações do Conselho Nacional de Educação (CNE) (parecer nº2/2000) “A autonomia pedagógica, nomeadamente através de projetos educativos é também condição de flexibilização curricular, para que os professores ajam mais como produtores do que como consumidores de currículo”. Com estes currículos pretende-se sensibilizar os alunos para

questões do mundo atual, estimulando o interesse dos alunos para o estudo das ciências (Galvão *et al*,2001).

As orientações curriculares do 3º ciclo do ensino básico englobam todos os níveis de ensino, 7º, 8º e 9º ano e surgem como uma proposta que engloba duas disciplinas: as Ciências Físico-Químicas e as Ciências Naturais, existindo entre ambas uma interdisciplinaridade de saberes. Considera-se importante a implementação de um currículo que pretende desenvolver competências específicas para a literacia científica. Assim, ao nível das atuais orientações curriculares, pretende-se a aquisição das seguintes competências por parte dos alunos:

1. Conhecimento

✓ **Substantivo:** análise e discussão de evidências e situações problemáticas, que permitam ao aluno adquirir conhecimento científico apropriado (leis e modelos científicos);

✓ **Processual ou metodológico:** realização de pesquisa bibliográfica, observação, investigações, experiências e elaboração e interpretação de dados estatísticos e matemáticos, individualmente ou em equipa.

✓ **Epistemológico:** análise e debate de descobertas científicas e confronto das explicações científicas com as do senso comum, e da ciência com a arte e a religião.

2. Raciocínio: resolução de problemas, com interpretação de dados, formulação de problemas e de hipóteses, planeamento de investigações, previsão e avaliação de resultados. Ou seja, sugere-se a promoção do pensamento de uma forma crítica e criativa, relacionando evidências e explicações e confrontando diferentes perspetivas de interpretação científica.

3. Comunicação: uso da linguagem científica, desenvolvimento das capacidades de exposição de ideias, defesa, argumentação e poder de análise e de síntese. Neste âmbito é ainda sugerida a utilização das TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação)

4. Atitudes: desenvolvimento de atitudes inerentes ao trabalho em Ciência (curiosidade, perseverança, seriedade e reflexão crítica no/sobre o trabalho efetuado).

Estas competências não devem ser entendidas cada uma por si, mas no seu conjunto, desenvolvendo-se transversalmente, e em simultâneo, na exploração das experiências educativas.

No documento sobre competências específicas para as Ciências Físicas e Naturais, propõem-se a organização dos programas de Ciências nos três ciclos do ensino básico em quatro temas gerais: a) Terra no espaço; b) Terra em transformação; c) Sustentabilidade na Terra e d)

Viver melhor na Terra. A visão e abordagem destes temas incide sobretudo numa perspetiva Ciência Tecnologia-Sociedade-Ambiente e tal como mencionado nas orientações curriculares “possibilita alargar os horizontes da aprendizagem, proporcionando aos alunos não só o acesso aos produtos da ciência mas também aos seus processos, através das potencialidades e limites da ciência e das suas aplicações Tecnológicas na Sociedade”. Os temas apresentam seguimento e embora incidindo sobre aspetos diferentes, todos promovem a aplicação das ciências e em particular das Ciências Físico-Químicas a situações concretas do quotidiano, na resolução de questões que só são devidamente explicadas com conteúdos científicos (Galvão *et al*,2001).

A abordagem do tema “Processos Físicos de Separação dos Componentes de uma Mistura” surge inserido no tema “Terra em Transformação”, mais especificamente na “constituição do mundo material”, tal como se verifica na Figura 1.

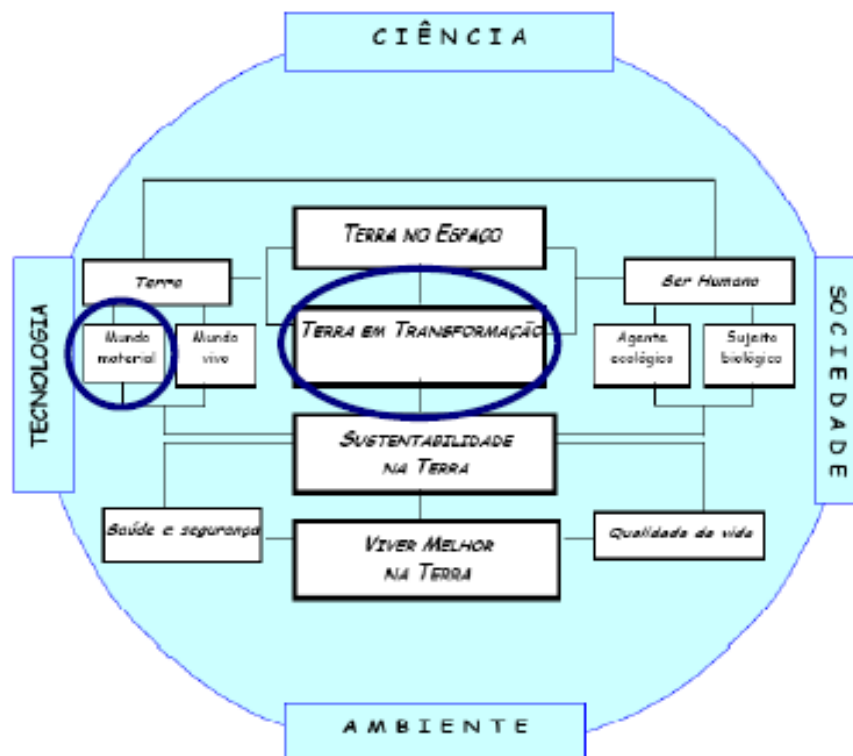


Figura 1- Organização dos temas gerais do Ensino Básico (adaptado de Galvão et al, 2001).

Os conceitos a desenvolver no âmbito do tema Materiais, onde se inclui o conteúdo deste trabalho, são os seguintes:

- ✓ Constituição do mundo material;
- ✓ Substâncias e misturas de substâncias;
- ✓ Propriedades físicas e químicas dos materiais;
- ✓ Separação das substâncias de uma mistura;
- ✓ Transformações físicas e transformações químicas.

A abordagem do estudo das separações de substâncias de uma mistura, centra-se na questão **”Como é constituído o mundo material?”**. Associado a este tema de separações físicas, encontram-se outros conceitos tais como: substâncias, mistura de substâncias e propriedades físicas das substâncias cujo estudo é necessário para a compreensão do processo de separações. Destacam-se para este tema objetivos específicos tais como (Galvão *et al*,2001): a) compreensão da existência de diferentes materiais, propriedades distintas e de diferentes utilizações; b) distinção entre substância e mistura de substâncias e c) utilização das diferentes técnicas de separação a casos concretos de misturas.

As atuais orientações curriculares sugerem que os alunos realizem investigações com misturas desconhecidas, que lhes permitam separar as substâncias presentes, recorrendo para isso a processos físicos previamente selecionados. Os alunos podem ainda ser envolvidos na construção de enunciados de problemas, centrados na separação de substâncias de uma mistura, a serem respondidos pelos colegas da turma ou da escola.

2.2. Orientações curriculares para o Ensino Secundário

2.2.1 Considerações gerais

No 10º ano de escolaridade, a disciplina de Física e Química A dá continuidade à disciplina de Ciências Físico-Químicas do 3º ciclo do Ensino Básico (7º, 8º e 9ºanos) e é uma das três disciplinas do tronco comum da componente de Formação Específica do Curso Geral de Ciências Naturais e do Curso Geral de Ciências e Tecnologias. Esta disciplina tem um peso de 16% no currículo dos alunos, o que corresponde a 4,5 horas letivas por semana, devendo estas ser divididas em três turnos de 90 minutos. Um dos turnos de 90 minutos deve ser dedicado, exclusivamente ao carácter prático laboratorial, sendo constituído no máximo por 12 alunos. Estas aulas devem ser conduzidas num laboratório devidamente equipado e se possível, com apoio a um Técnico de Laboratório.

O programa deve ser adaptado à realidade sociológica dos alunos e professores e contribuir para formar alunos com um nível de conhecimentos adequado, sendo para tal importante uma aposta no carácter prático-laboratorial do ensino das ciências e no incentivo do trabalho individual e em grupo. Assim, o ensino das ciências neste programa, assume três vertentes:

a) **A Educação em Ciência:** conhecimento de conceitos, leis, princípios e teorias, numa construção mais conceptual;

b) A Educação sobre Ciência: estudo da natureza da própria ciência e dos propósitos do conhecimento científico, dando ênfase aos processos e técnicas usados no cotidiano e problemáticas socio-científicas.

c) A Educação pela Ciência: formação individual e social do aluno para o pleno exercício da cidadania democrática (Martins *et al*,2001).

O atual programa privilegia ainda a aquisição de conhecimento numa perspectiva **CTS** (Ciência - Tecnologia - Sociedade) ou **CTS -A** (Ciência - Tecnologia - Sociedade - Ambiente), de modo a que o aluno estabeleça a relação entre a ciência e aspetos sociais, políticos ou ambientais, assim como reconheça o contributo da mesma para o desenvolvimento tecnológico. O programa defende também “que há que ensinar menos para ensinar melhor” (Martins *et al*,2001), o que não significa ensinar menos conceitos, princípios ou leis, mas sim ensinar os mesmos com menos profundidade, já que muitas abordagens só interessarão em níveis mais avançados. Dever-se-á portanto ensinar melhor o que é essencial, central, verdadeiramente importante, omitindo o que é acessório. Considera-se ainda importante estabelecendo sempre as relações com outros domínios do saber e estimular o espírito crítico dos alunos.

Sempre que possível, o programa recomenda o recurso às TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação), que segundo os autores constituem um excelente auxiliar no processo ensino-aprendizagem das ciências. Contudo, salienta-se a necessidade de um especial cuidado na análise crítica da informação disponível, principalmente no que diz respeito à correção científica e terminológica e à adequação aos alunos e aos fins a que se destina.

As orientações dadas em contexto escolar para o ensino das ciências ditas experimentais passam necessariamente pelo papel das atividades práticas. Apesar de alguma controvérsia sobre o Trabalho Prático, este continua a ser uma componente importante e fundamental para a formação dos alunos, tanto no domínio da Química como da Física.

O atual programa de Física e química A, esclarece a sua posição relativamente aos termos: “prático”, “laboratorial” e “experimental”:

a) Trabalho ou Atividade Prática (AP): tarefas realizadas pelos alunos manipulando recursos e materiais diversificados, dentro ou fora da sala de aula.

b) Trabalho ou Atividade Laboratorial (AL): trabalho prático realizado em laboratório, individualmente ou em grupo.

c) Trabalho Experimental (TE): trabalho prático que envolva manipulação de variáveis, seja na forma de experiência guiada quer na forma de investigação (Martins *et al*,2001).

São objetivos gerais da disciplina de Física e Química A, os seguintes:

- a) Caracterizar o objeto de estudo da Física e da Química enquanto Ciências;
- b) Compreender conceitos (físicos e químicos) e a sua interligação, leis e teorias;
- c) Compreender a importância de ideias centrais, tais como as leis de conservação e a tabela periódica dos elementos químicos;
- d) Compreender o modo como alguns conceitos físicos e químicos se desenvolveram, bem como algumas características básicas do trabalho científico necessárias ao seu próprio desenvolvimento;
- e) Compreender alguns fenómenos naturais com base em conhecimento físico e/ou químico;
- f) Conhecer marcos importantes na História da Física e da Química;
- g) Reconhecer o impacto do conhecimento físico e químico na sociedade;
- h) Diferenciar explicação científica de não científica;
- i) Referir áreas de intervenção da Física e da Química em contextos pessoais, sociais, políticos, ambientais, etc.;
- j) Interpretar a diversidade de materiais existentes e a fabricar;
- k) Desenvolver competências sobre processos e métodos da Ciência, incluindo a aquisição de competências práticas/laboratoriais/experimentais;
- l) Compreender o contributo das diferentes disciplinas para a construção do conhecimento científico, e o modo como se articulam entre si;
- m) Desenvolver a capacidade de selecionar, analisar, avaliar de modo crítico, informações em situações concretas;
- n) Desenvolver capacidades de trabalho em grupo: confrontação de ideias, clarificação de pontos de vista, argumentação e contra-argumentação na resolução de tarefas, com vista à apresentação de um produto final;
- o) Desenvolver capacidades de comunicação de ideias oralmente e por escrito;
- p) Ser crítico e apresentar posições fundamentadas quanto à defesa e melhoria da qualidade de vida e do ambiente;
- q) Desenvolver o gosto por aprender (Martins *et al*,2001).

2.2.2. Componente de Química - Materiais

O tema deste trabalho insere-se no módulo inicial da componente de Química: “Materiais: diversidade e constituição”, do 10º ano de escolaridade, que inclui os temas: Materiais, Soluções e Elementos químicos.

Na figura 2 apresenta-se um diagrama conceptual que procura ilustrar os conceitos incluídos neste módulo e estabelecer uma relação possível entre eles. No mesmo explicita-se também de que modo os processos físicos de separação estão integrados no referido módulo.

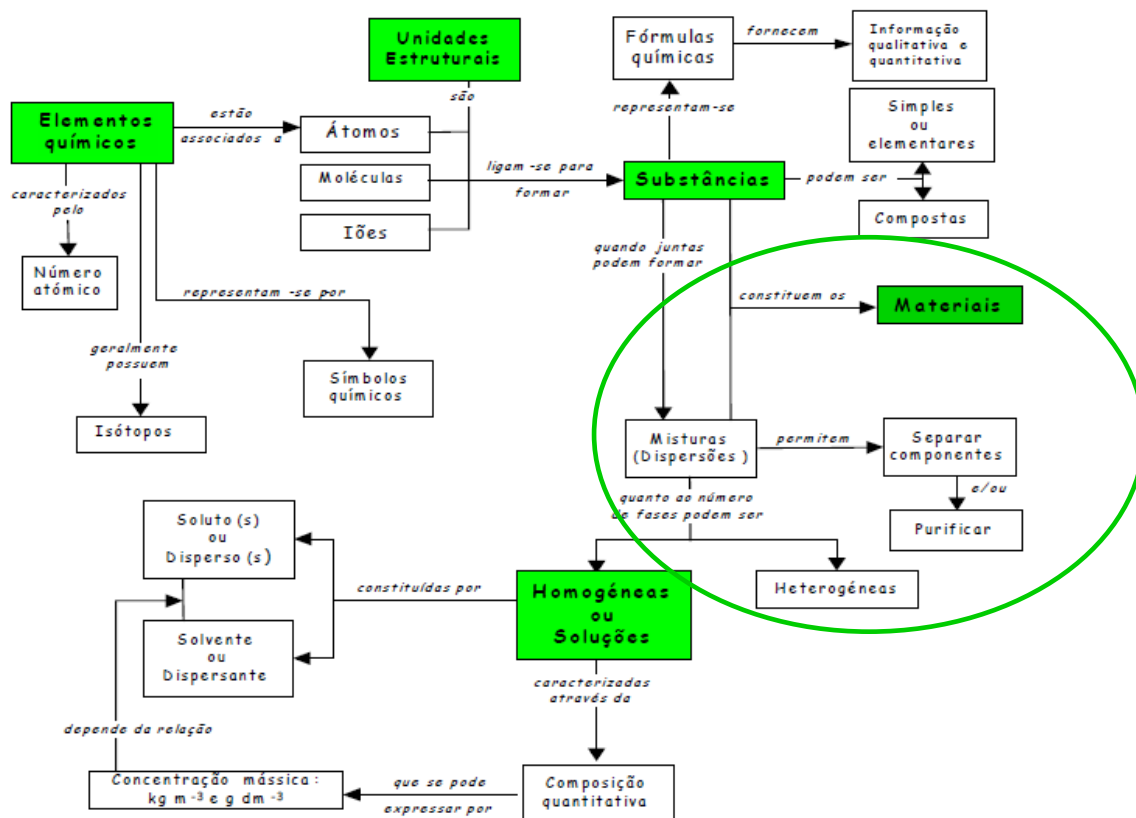


Figura 2 - Organização dos temas gerais Física e Química A (adaptado de Martins et al, 2001).

Neste módulo inicial pretende-se a “explicação do mundo material e artificialmente construído” (Martins *et al*,2001), reforçando a ideia que se estabeleceu no 3º Ciclo do Ensino Básico de que o mundo à nossa volta é constituído por substâncias, que aparecem misturadas na maioria dos materiais. O principal objetivo deste módulo é fazer a sistematização de aspetos centrais, considerados essenciais e lecionados na disciplina de Ciências Físico - Químicas ao longo do 3º Ciclo do Ensino Básico. Contudo, o programa salienta que no caso de os alunos se apresentarem especialmente bem preparados, o professor poderá propor tarefas mais elaboradas.

Os conceitos a desenvolver no módulo inicial, Materiais, propostos pelos autores do Programa Nacional de Física e Química do 10º ano são:

- ✓ Qual a origem;
- ✓ Que constituição e composição;
- ✓ Como se separam constituintes;
- ✓ Como se explica a sua diversidade.

(Martins *et al*,2001)

Na abordagem aos “Processos Físicos de Separação dos Componentes de uma Mistura”, o programa sugere uma técnica de resolução de problemas durante a realização da atividade laboratorial, para permitir treinar/desenvolver essa capacidade nos alunos. A questão-problema será do tipo “Como separar a mistura dada?”, devendo a escolha da mistura recair sobre situações de interesse para o aluno, e/ou escola e/ou região, ou sociedade em geral. Face à possível diversidade de propostas dos alunos, a intervenção do professor deverá ser sempre no sentido de ajudar os alunos a clarificar as suas posições e encontrar soluções para as suas propostas específicas e não de os conduzir a uma única e determinada solução.

Os autores do programa referem algumas sugestões de misturas, a saber:

- a) Como separar os componentes de uma mistura de água, sal e solo?
- b) Como separar uma gordura de uma solução aquosa?
- c) Como dessalinizar água do mar ou água salgada?
- d) Como separar dois líquidos miscíveis como água e acetona?

A concluir, é dito que qualquer outro problema, considerado relevante e/ou de interesse local, poderá ser exposto, desde que se apliquem diversos processos físicos de separação (Martins *et al*,2001), como os indicados na figura 3, pela devida ordem e de acordo com os respetivos procedimentos de segurança.

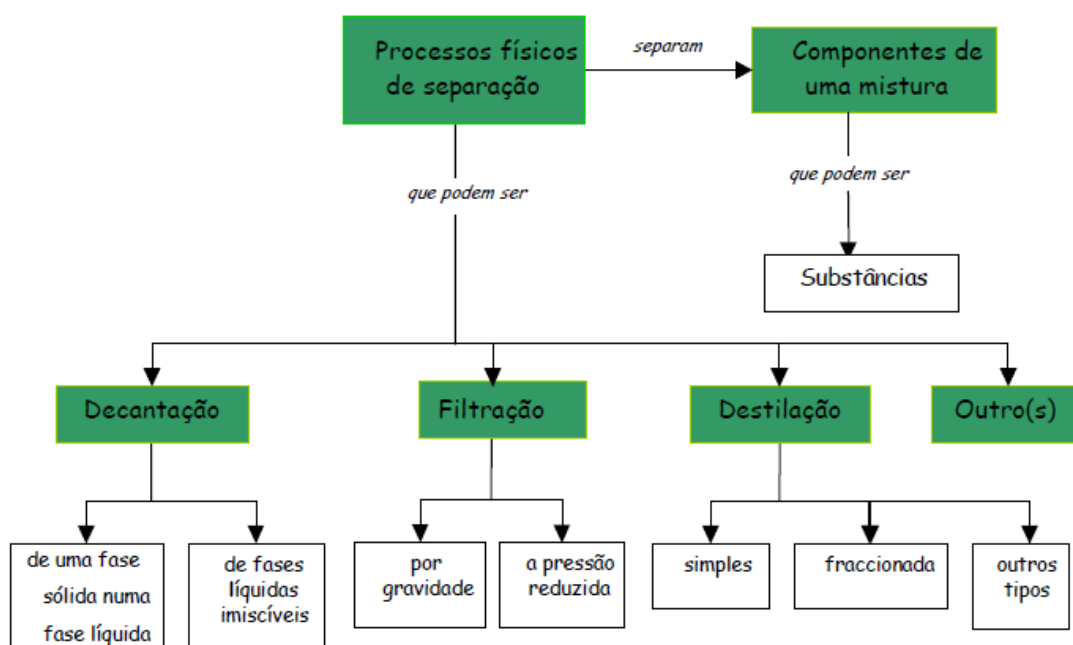


Figura 3 - Principais processos físicos de separação abordados no 10º ano de escolaridade (Martins et al,2001).

Para o módulo inicial o programa indica que após a lecionação dos conteúdos, o aluno deve ser capaz de:

- ✓ Aplicar as técnicas e os princípios subjacentes da decantação, da filtração e da destilação (simples e fracionada) à separação de misturas;
- ✓ Relacionar a técnica com o princípio subjacente;
- ✓ Interpretar o(s) princípio(s) em que se fundamenta cada técnica;
- ✓ Selecionar o tipo de filtração a utilizar num caso específico;
- ✓ Selecionar o meio filtrante (papel e placas filtrantes) mais adequado a uma determinada filtração;
- ✓ Selecionar o tipo de destilação (simples ou fracionada) adequado a uma determinada separação;
- ✓ Executar as técnicas de decantação, de filtração e de destilação, de acordo com as regras de segurança;
- ✓ Aplicar outras técnicas adequadas à separação de misturas;
- ✓ Aperceber-se de limitações das técnicas, enquanto processos de separação de componentes de uma mistura (Martins *et al*,2001).

Capítulo 3 - Teoria sobre o tema “Processos físicos de separação dos componentes de uma mistura”

3. Introdução

Os métodos de separação dos componentes de uma mistura são de importância fundamental para a química, havendo inclusive áreas do sector produtivo que se baseiam no isolamento de uma substância pura a partir de uma matéria-prima natural, como é, por exemplo, o caso da produção de sacarose ou de cloreto de sódio. Dada a importância do isolamento de substâncias, não é de admirar que alguns dos métodos de separação sejam muito antigos, como é o caso da sedimentação, decantação, filtração, cristalização, sublimação ou destilação, métodos usados pelos antecessores dos químicos de hoje, os alquimistas. Alguns destes métodos sofreram mesmo desenvolvimentos muito importantes e deram origem a métodos mais modernos.

A separação dos componentes de uma mistura ou a eliminação das impurezas que acompanham uma substância são tarefas fundamentais e comuns em química e dependem das propriedades individuais dos componentes da mistura, como o ponto de ebulição, a solubilidade, a densidade, etc. São então diversos os processos existentes para separar os componentes de uma mistura, sendo todos eles processos físicos que não alteram a natureza dos componentes que se pretendem separar. A escolha do processo de separação adequado deve ser feita de acordo com: a) o tipo de mistura; b) as propriedades físicas dos componentes da mistura; c) o estado físico em que se encontram os componentes da mistura e d) a finalidade da separação; sendo geralmente necessário executar mais do que um processo de separação, na ordem devida, para separar/ recuperar os vários componentes de uma mistura. Assim, a classificação da matéria é uma primeira etapa para se perceber em que medida esta vai condicionar a aplicação de um processo físico de separação.

3.1 Classificação de materiais, quanto à sua composição: (pré-requisito)

A Química ocupa-se do estudo das substâncias e das transformações por elas sofridas. A maior parte dessas substâncias obtém-se a partir dos materiais que nos rodeiam na Natureza, cuja variedade e quantidade levou os químicos a proceder à sua classificação. O esquema representado na figura 4 apresenta a divisão efetuada de acordo com a composição química.

A sub-divisão das misturas é feita com base no tamanho das unidades estruturais presentes na mistura, que possibilita, ou não, a percepção, a olho nu, dos componentes da mistura.

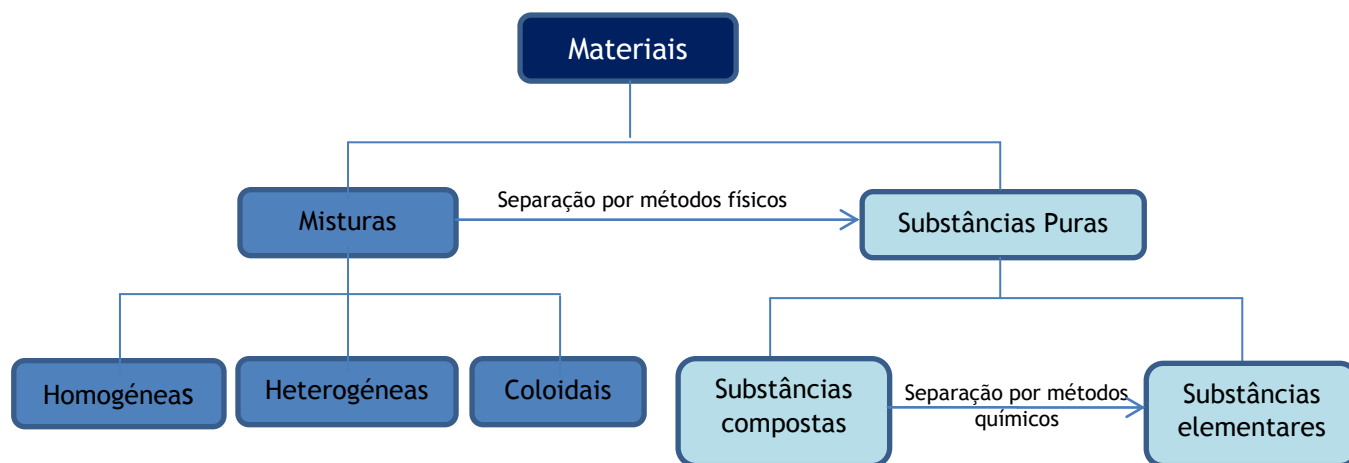


Figura 4 - Classificação dos materiais (adaptado de Chang, R. (1998)).

3.1.1. Substâncias e misturas de substâncias

A cada substância associa-se uma fórmula química que traduz a composição fixa do tipo de unidade estrutural que a caracteriza, átomos, moléculas ou iões. Cada unidade, por si só, não configura uma substância com estado físico e propriedades físicas como cor, cheiro, densidade ou propriedades químicas. É a ligação estabelecida entre uma infinidade dessas unidades estruturais que origina a substância. Assim, uma substância só pode ser pura, sendo desnecessário acrescentar o termo puro quando nos referimos a ela.

A identificação de uma substância é feita, não através da observação da unidade estrutural (dado o seu tamanho), mas pela medição de algumas das suas propriedades físicas: ponto de ebulição, ponto de fusão ou a densidade. Verifica-se que, nas mesmas condições, o valor dessas propriedades é fixo para cada substância. Na realidade, os reagentes usados no laboratório contêm vestígios de impurezas. A diferença do valor experimental de uma das propriedades, relativamente ao valor tabelado, serve de critério de pureza.

Consoante a unidade estrutural da substância é formada por um, ou por mais de um elemento, a substância designa-se de elementar (ou simples) ou composta, respetivamente. A fórmula química da substância traduz a composição, fixa, da unidade estrutural, indicando a proporção entre os elementos, se a substância for composta.

A grande maioria dos materiais que nos rodeiam são no entanto misturas. Numa mistura há duas ou mais substâncias em contacto, em proporções que podem variar e sem que entre essas substâncias exista qualquer tipo de interação química. Em consequência destas características, não é possível associar a uma mistura uma fórmula química e pode-se separá-la por processos físicos adequados às propriedades das substâncias que a compõem. Um exemplo

elucidativo é uma mistura de enxofre e ferro (limalha), facilmente separada por magnetização. Quando absorve energia, por exemplo por aquecimento, o sólido formado é uma substância nova não magnetizável.

As misturas podem ser classificadas como heterogêneas, homogêneas e coloidais. A classificação assenta no diferente tamanho das partículas nelas existentes.

Uma mistura heterogênea é uma mistura que apresenta aspeto diferente ao longo da sua extensão (“hetero” = “diferente”), sendo possível distinguir alguns ou até mesmo todos os seus componentes à vista desarmada. Neste caso, os componentes encontram-se em pelo menos duas fases¹.

Uma mistura homogênea é aquela que apresenta o mesmo aspeto em toda a sua extensão (“homo” = “igual”), não sendo possível efetuar a distinção dos seus componentes, nem ao microscópio e existindo uma única fase¹. A designação mais comum, deste tipo de misturas, é soluções. Estas podem surgir em qualquer estado físico, como por exemplo a água do mar (solução líquida), o ar, sem matéria particulada, como poeiras (solução gasosa) ou uma liga metálica (solução sólida). Uma solução resulta da dispersão de um ou mais solutos num solvente, podendo uns e outro ter qualquer estado físico. Quando há diferentes estados físicos o solvente será o que tiver o estado físico da solução formada. Neste tipo de misturas a dimensão das partículas varia entre 0 e 1 nm (Reger, 1997; Chang, 1998).

As misturas coloidais são difíceis de identificar já que, a olho nu, têm um aspeto uniforme como as misturas homogêneas. No entanto a sua observação ao microscópio permite verificar que apresenta composição não uniforme. Dado o tamanho das partículas (entre 1nm e 1000 nm) existentes nos colóides estes dispersam a luz, tornando visível o seu percurso ao atravessá-los. Esta característica permite identificar um colóide não opaco realizando a experiência de Tyndal (Figura 5).

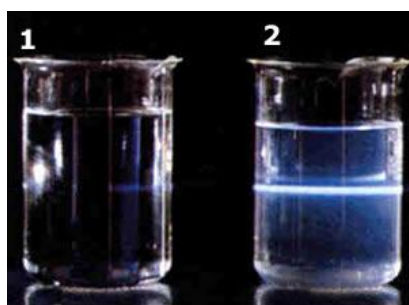


Figura 5 - Efeito Tyndal: 1. Solução homogênea. 2. Mistura coloidal.

In:<http://www.agracadaquimica.com.br/index.php?acao=quimica/ms2&i=3&id=552>

¹Fase: parte homogênea de um sistema em contacto com outras partes do mesmo, mas separada por uma fronteira bem definida.

Para obter/separar as substâncias existentes numa mistura atendemos às suas propriedades que podem ser de três tipos: a) organoléticas, b) físicas e c) químicas.

As propriedades organoléticas são aquelas que impressionam os sentidos, como a cor, odor ou o sabor. As propriedades físicas são aquelas que envolvem interações da matéria com a energia, sendo específicas (características de um único tipo de substância) desde que o material seja puro, sendo muitas usadas: o ponto de fusão, ponto de ebulição, a densidade, a condutibilidade elétrica, capacidade térmica mássica, entre outras. As propriedades químicas são relativas às transformações da matéria, como a neutralização, fotólise, pirólise ou oxidação-redução (Chang, 1998).

É muito importante que o docente seja claro e rigoroso na definição dos conceitos atrás referidos e se certifique de que os alunos não fiquem com algumas concepções alternativas, tais como:

- ✓ *Não distinção entre elemento e substância elementar e confusão entre símbolo químico e fórmula química, decorrentes num dos casos da língua inglesa e reforçadas pelo nome da Tabela periódica (dos elementos) que além de propriedades do átomo associado ao elemento, indica também uma grande variedade de propriedades da respectiva substância elementar;*
- ✓ *Interpretar uma fórmula química como traduzindo a constituição da unidade estrutural da substância, significando um pequeno agregado de partículas (moléculas), ignorando a natureza da constituição de compostos covalentes, metálicos e iônicos;*
- ✓ *Associar a uma molécula estado físico e outras propriedades, desconhecendo a necessidade de ligações inter unidades estruturais.*

Por vezes a linguagem do docente e/ou usada nos manuais e sítios da net pode ajudar a consolidar as pré-concepções do aluno resultantes do seu dia-a-dia.

Ao nível do 7º ano de escolaridade, na abordagem do tema: substâncias e misturas de substâncias, o cloreto de sódio é quase sempre referido como “o sal”, do mesmo modo a sacarose é referida por “o açúcar” e o etanol é chamado de “o álcool”. Assim sendo será inevitável que o aluno conclua que só existe um sal, um açúcar e um álcool.

Apesar de considerar que para faixas etárias mais baixas, como seja o 7º ano de escolaridade, o ensino pode e deve ser simplificado, julgo que será importante que o professor adote estratégias para evitar o problema:

- ✓ *Poderá informar os alunos de que existem muitos sais, açúcares e álcoois, citando exemplos do quotidiano do aluno e cujos nomes já foram referidos no 2º ciclo;*
- ✓ *Poderá referir-se ao cloreto de sódio como “o sal das cozinhas”, à sacarose, como sendo o açúcar usado no açucareiro, etc, podendo aproveitar a oportunidade para referir que, em rigor todos esses exemplos se referem a substâncias com algumas impurezas associadas;*

✓ Nunca usar a designação “o sal”, mas por exemplo, “um sal”, “um dos sais...”.

A meu ver, vale a pena este cuidado, porque uma vez uma ideia formada ela manter-se-á e o aluno já poderá saber nomes e fórmulas químicas de dezenas de sais e ao termo sal associar mentalmente e de imediato a substância cloreto de sódio.

3.2. Processos físicos de separação dos componentes de uma mistura

3.2.1. Introdução

Para separar os componentes de uma mistura é necessário, quase sempre, mais de um processo de separação. O primeiro procedimento a adotar é averiguar as propriedades das substâncias misturadas, selecionar os processos mais adequados e planificar a sua sequência, elaborando um diagrama com as várias etapas, caso a complexidade da atividade laboratorial o justifique. É usual abordar os vários processos a utilizar, de acordo com o tipo de mistura heterogénea (sólida, líquida ou gasosa) ou homogénea, como é apresentado na figura 6.

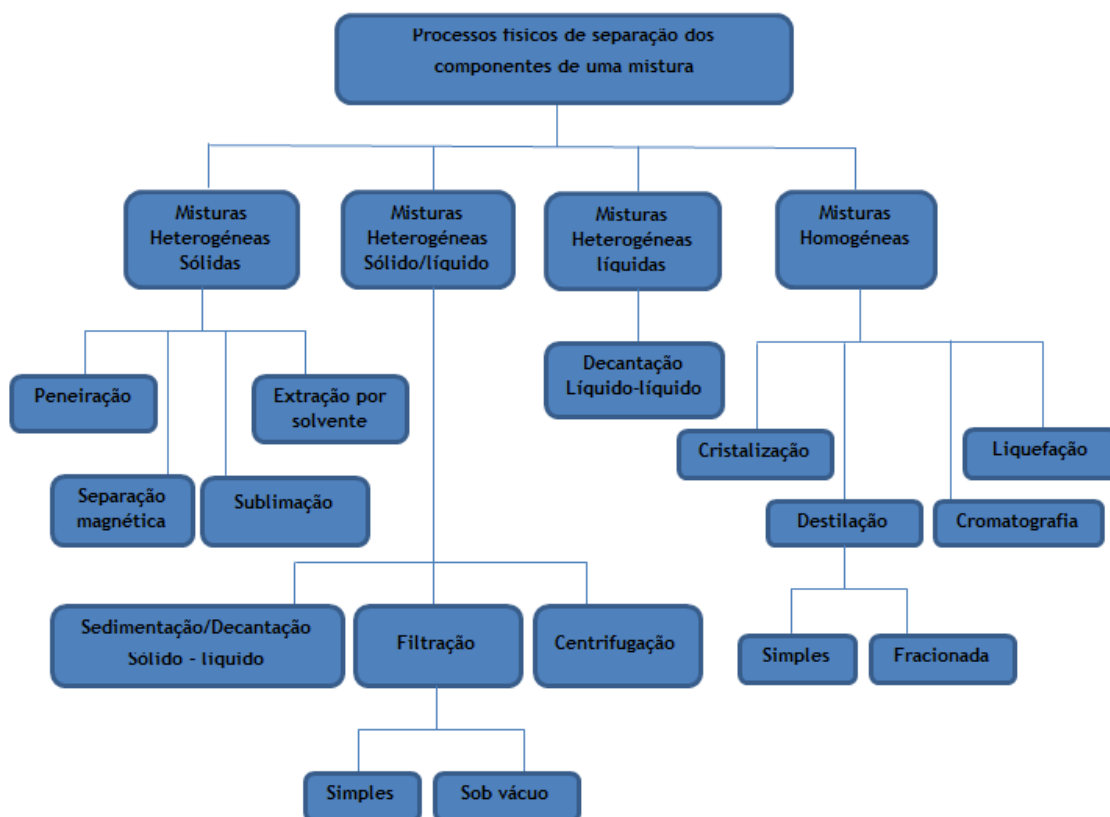


Figura 6 - Diferentes processos físicos de separação dos componentes de uma mistura.

3.2.2. Processos físicos de separação dos componentes de uma mistura heterogénea sólida

Nesta secção descrevem-se processos de separação aplicados a misturas heterogéneas cujos diferentes componentes se encontram no estado sólido. Os mesmos constam do diagrama seguinte (figura 7).

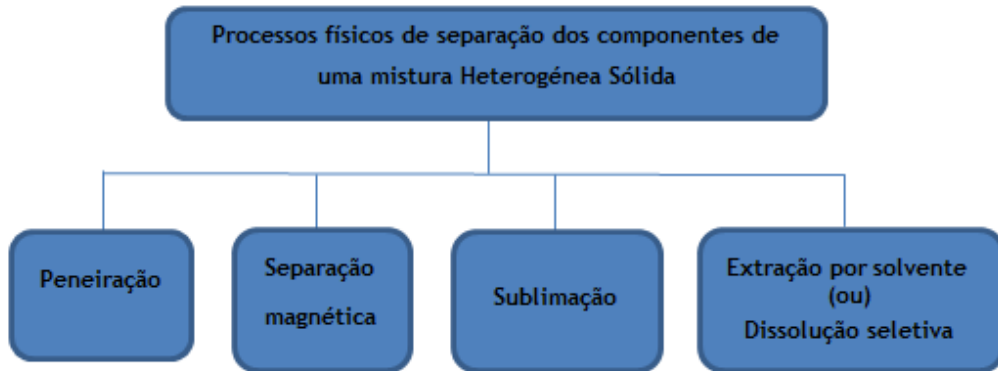


Figura 7 - Diferentes processos físicos de separação dos componentes de uma mistura heterogénea sólida.

A - Peneiração

Esta operação rudimentar consiste na separação de partículas sólidas em frações de granulometria diferente por passagem através de peneiros ou crivos com malhas de dimensão superior à dos componentes a separar, podendo este processo ser mecânico ou manual.

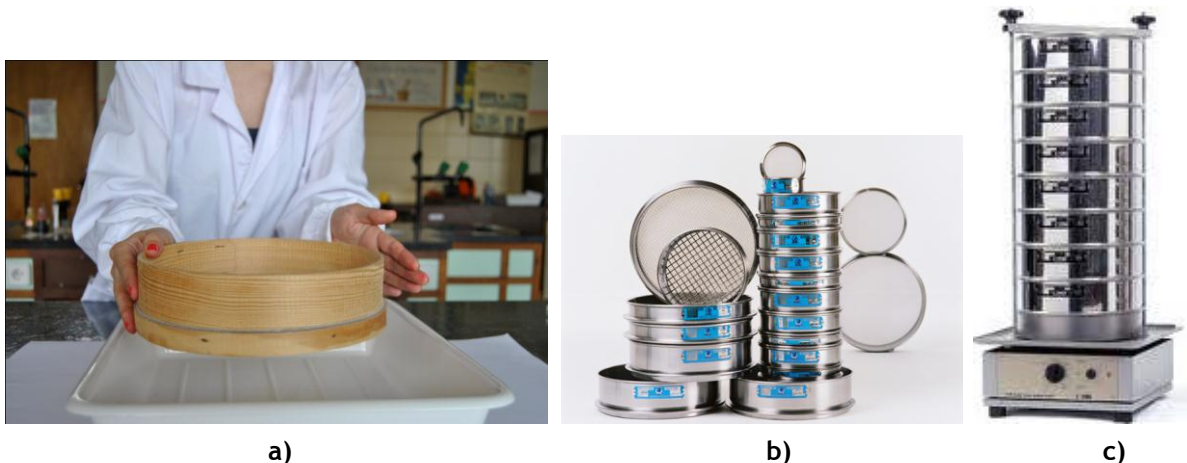


Figura 8 - a) peneiração manual (aula do 7º A); b) Peneiros de aço com diferentes granulometrias; c) coluna de peneiros com diferentes granulometrias, em agitador mecânico.

In:<http://www.tecnilab.pt/content/default.asp?idCat=Solos%20AgregadosProd&idCatM=PRODUTOShttp://www.pert.pt/departamentos/controlo-qualidade/equipamentos/agregados/agitador-electromagnetico-para-peneiros-de-200-e-300-m/>

Na peneiração mecânica, a coluna de peneiração é agitada pelo "agitador de peneiros" (figura 8-c)), o qual imprime aos peneiros movimentos, simultaneamente verticais e horizontais de grande frequência. O tempo de peneiração é função da massa da amostra a peneirar, em média 10 a 15 minutos são suficientes para peneirar uma amostra média (500 g) (Geankoplis, J.,1993).

Algumas das aplicações desta técnica têm lugar na construção civil e na indústria da panificação, casos em que as partes separadas são ainda misturas.



Figura 9 - Peneiração de grãos de batata-doce de diferentes granulometrias, com o objetivo de obter farinha como produto final (In: Costa et al, 2012).

No ensino básico (7º ano de escolaridade), dada a simplicidade deste processo de separação de misturas e a familiaridade dos alunos com o mesmo, a abordagem feita é muito simples. Considero importante que fique claro para os alunos o princípio físico em que se baseia a técnica, que lhes seja apresentado não só o material, mas também a execução do processo, seja in loco ou através de fotografias e vídeos, e que se escolham exemplos do quotidiano ou de aplicação industria a nível industrial (ex.: panificação) ou investigacional (ex.: estudo de solos).

No ensino secundário (10º ano de escolaridade), este processo, à semelhança de outros, é explorado pelos alunos nas aulas laboratoriais, no caso de ser apresentado aos mesmos uma mistura em que este processo permita a separação de dois dos componentes da mesma.

Nota: Ao contrário deste processo, é pouco frequente a referência à levigação, tão usada para separar o grão das cascas, seja nas eiras ou até para preparar a alpista a dar ao canário, nas nossas casas, baseada na diferente densidade dos componentes da mistura.

Considero importante incluir uma mistura onde se consiga recuperar uma substância (por exemplo separação de cloreto de sódio (fino) de arroz), já que nos casos atrás referidos todos os componentes separados continuam a ser misturas.

B. Separação magnética

Este processo de separação é possível graças ao diferente comportamento dos materiais na presença de um campo magnético.

Todos os materiais possuem elétrons com movimento e momento magnético de *spin* (figura 10 - a)) que criam campos magnéticos microscópicos, “domínios” que atuam, semelhantes aos criados por ímanes que Weber (Mussoi, 2007) denominados de ímanes elementares.

Na maior parte dos materiais esses domínios estão desalinhados e o campo magnético total é nulo, ao contrário dos ímanes naturais (figura 10 - b)).

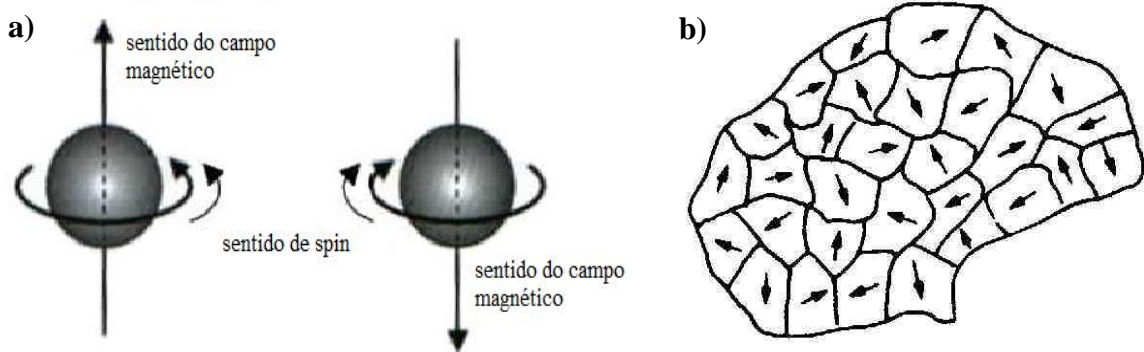


Figura 10 - a) movimento e momento magnético de spin. b) material com domínios desalinhados.

Num material ferromagnético (ferro, cobalto, níquel, aços, etc.) a orientação desses “ímanes” é aleatória e o campo magnético resultante é nulo; porém, na presença de um campo magnético externo podem ser alinhados e apresentar pólos magnéticos efetivos. Da interação entre os dois campos magnéticos resulta uma atração, dada a proximidade de pólos de nome contrário (figura 11).

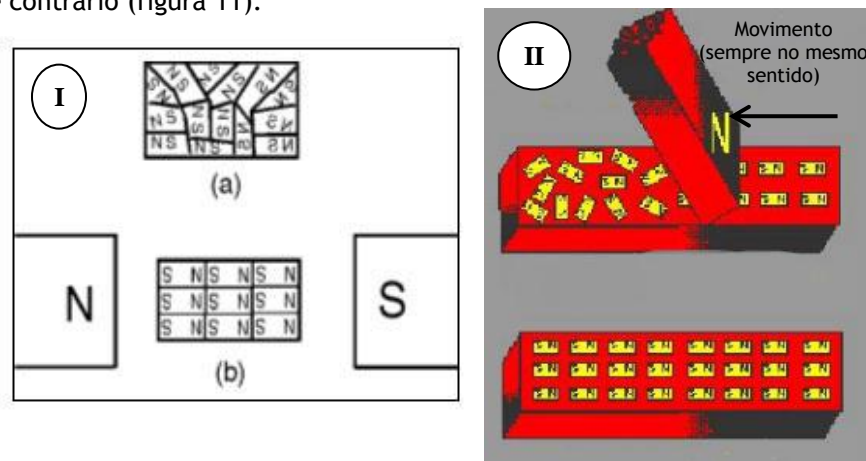


Figura 11 - Representação de um material ferromagnético: I- temporária; II- permanente (in Mussoi, 2007).

Ao contrário de materiais com este comportamento, existem os chamados diamagnéticos (cobre, prata, chumbo, etc.) que, na presença de um campo magnético externo alinha os seus domínios, mas neste caso o campo magnético opõe-se ao externo, não resultando uma atração.

Há ainda um terceiro comportamento, o dos materiais paramagnéticos cujos domínios sofrem algum alinhamento quando o campo magnético indutor é intenso de que resulta uma atração, mas muito fraca (alumínio, estanho, etc). A figura 12 ilustra o comportamento dos três tipos de materiais, na presença de um campo magnético externo.

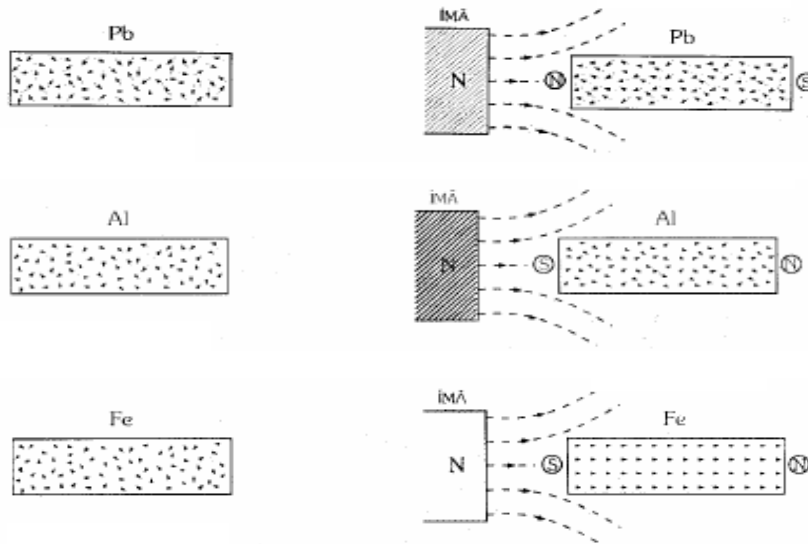


Figura 12 - Comportamento de uma substância: a) paramagnética; b) diamagnética e c) ferromagnética, na presença de um ímã (in: Mussoi, 2007).

São as substâncias ferromagnéticas, que quando presentes numa mistura, podem ser separadas pelo processo de separação magnética (Mussoi, 2007 e Ulaby 2007).

Este processo pode-se aplicar quando há um material ferromagnético na mistura e além de ser usada nos laboratórios (figura 13) é usada, por exemplo, nas Estações de Tratamento de Resíduos, para separação de metais para posterior reciclagem.

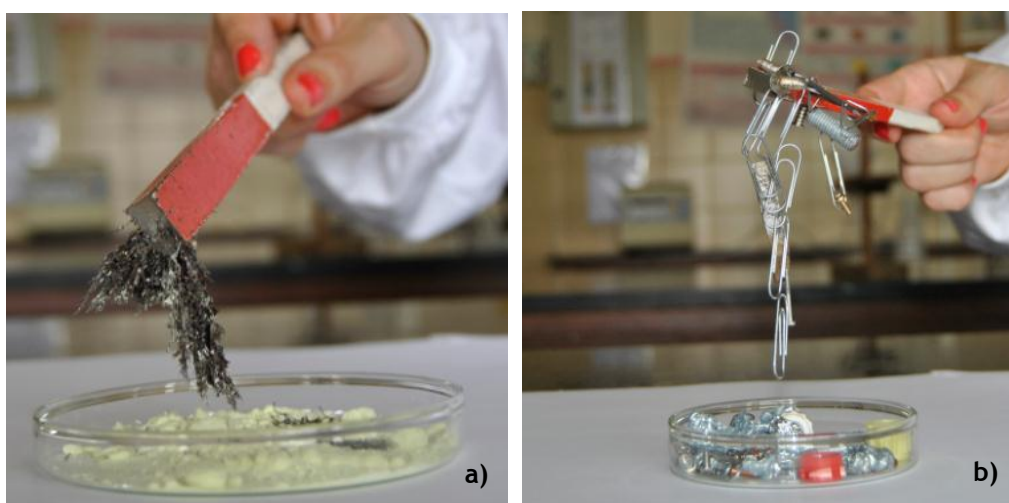


Figura 13 - Separação magnética: a) mistura de enxofre e limalha de ferro; b) mistura de diferentes materiais (ferro, aço, plástico, etc.).

No ensino básico (7º ano de escolaridade), é frequente o professor efetuar a demonstração prática deste processo de separação. Duas das misturas que podem ser utilizadas são as apresentadas na figura 3.10. (enxofre e limalha de ferro) e (mistura de diferentes materiais: ferro, aço, alumínio, cobre, plástico, etc.). Esta última mistura (com metais com propriedades magnéticas distintas) é na minha perspetiva particularmente interessante, pois muitos alunos apresentam a conceção alternativa de que o alumínio ou o cobre, por serem metais, também serão atraídos por um íman.

Outros exemplos de misturas, apresentados em manuais escolares e cujos componentes podem ser separadas por este processo, são as misturas: areia e pregos e limalha de ferro e sulfato de cobre.

A aplicação deste processo de separação em estações de tratamento de resíduos sólidos deve ser um dos exemplos referidos aos alunos, de forma a estabelecer a ligação dos conteúdos lecionados, numa perspetiva CTS - A.

Também aqui, será importante que fique claro para os alunos o princípio físico em que se baseia a técnica (propriedades magnéticas - ferromagnéticas de um dos componentes da mistura) e que seja apresentado aos alunos não só o material, mas também a execução do processo, seja in loco (numa visita de estudo, por exemplo) ou através de fotografias e vídeos.

No ensino secundário (10º ano de escolaridade), este processo, à semelhança do abordado anteriormente, é explorado pelos alunos nas aulas laboratoriais, no caso de ser apresentado aos mesmos uma mistura em que este processo permita a separação de dois dos componentes da mesma.

C. Sublimação

A sublimação consiste na passagem de uma substância do estado sólido para o estado gasoso, sem passar pelo estado líquido, designando-se o processo inverso por deposição (Reger *et al.*, 1997; Chang, 1998; Pombeiro, 1998; Dickson, 2000; Atkins, 2001; Oxtoby *et al.*, 2003)

*Ao nível do 7º ano de escolaridade, tanto no estudo das mudanças de estado físico da matéria (unidade: Terra em Transformação; subunidade: Materiais; tema: propriedades físicas e químicas das substâncias), como no estudo dos processos físicos de separação dos componentes de uma mistura, é apresentado nos manuais escolares adotados, o termo sublimação para denominar quer a passagem de uma substância do estado sólido ao gasoso sem passar pelo estado líquido, quer a operação inversa. Para Leal *et al* (2003), o facto de se utilizar a mesma designação para um processo e o seu inverso é desde logo confusa. Além disso, quando falamos em sublimação não sabemos a qual dos processos nos estamos*

exatamente a referir, se à passagem do estado sólido ao estado gasoso (sem passar pelo estado líquido) ou à passagem do estado gasoso ao estado sólido (sem passar pelo estado líquido). Possivelmente, os autores destes manuais optaram pelo mesmo termo para designar as mudanças de estado em questão, com o objetivo de simplificar, mas porquê, se todas as mudanças de estado físico têm designações próprias associadas a cada um dos processos em causa. Ainda de acordo com Leal et al (2003), em várias fontes consultadas (livros e sites ligados ao ministério da educação de diferentes países) surge o termo deposição para designar a passagem de uma substância do estado gasoso ao estado sólido, sem passar pelo estado líquido. Consultando alguns professores do ensino básico e secundário, o autor verificou ainda que as opiniões dos mesmos não foram unânimes. Enquanto uns seguem exatamente o que vem nos manuais e usam o termo sublimação indiferentemente, outros consideram que o mesmo termo para os dois processos é confuso, usando os termos sublimação inversa ou deposição para designar o inverso da sublimação.

Já nos manuais do 10º ano de escolaridade, surge o termo sublimação inversa para designar a passagem do estado gasoso ao estado sólido, sem passar pelo estado líquido (Dantas, M. et al (2008).

Enquanto futura professora de ciências físico-químicas, à semelhança de Leal et al (2003) considero não fazer sentido atribuir a uma transformação e à transformação inversa (qualquer que ela seja) a mesma designação. Além disso, os termos para designar cada uma dessas transformações existem, pelo que devem ser usados. Como já referi anteriormente, apesar de considerar que para faixas etárias mais baixas, como seja o 7º ano de escolaridade, o ensino da ciência pode, e deve, ser simplificado, essas simplificações nunca poderão conduzir a incorreções. Desta forma, considero que o correto será atribuir a designação de deposição para designar o inverso da sublimação, visto ter sido o termo encontrado nas referências bibliográficas consultadas.

Na figura 14 é apresentada a sublimação do iodo, permitindo a separação dos dois componentes da mistura areia e iodo, exemplo que surge vulgarmente nos manuais escolares e é também frequentemente dado pelos professores. Outras substâncias que sublimam facilmente são o naftaleno e o dióxido de carbono (s) “gelo seco”.

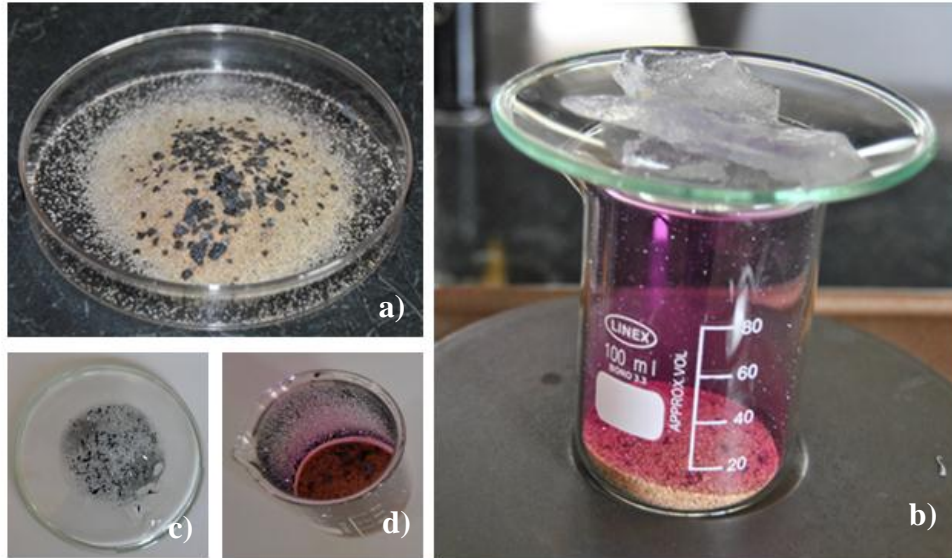


Figura 14 - Separação magnética: **a)** mistura de enxofre e limalha de ferro; **b)** mistura de diferentes materiais (ferro, aço, plástico, etc.).

O diagrama da figura 15 relaciona as fases sólida, líquida e de vapor de uma substância pura. Como é possível observar, onde duas das áreas correspondentes às diferentes fases se tocam, existe uma linha ao longo da qual as duas fases se encontram em equilíbrio, sendo AB a curva de vapor de pressão de sublimação da substância, pelo que só ao longo dessa linha podem coexistir em equilíbrio as fases sólida e de vapor. Quando as três linhas que representam pares de fases se intersectam, as três fases coexistem em equilíbrio, dando-se a este ponto o nome de ponto triplo. A passagem de um estado físico para outro ocorre mediante alterações de temperatura e pressão, pelo que a análise do diagrama $P - T$ (pressão-temperatura) de uma substância pura (figura 15) permite determinar as condições necessárias à ocorrência de sublimação. Assim, submetendo uma substância cuja tensão de vapor correspondente ao ponto triplo seja superior à pressão a que ela está sujeita, a um aquecimento isobárico (pressão constante), a tensão de vapor vai aumentando e, à temperatura T_s , iguala a pressão P_1 a que a substância está sujeita, passando esta diretamente de sólido a gás. Contudo, a velocidade de sublimação é, em geral, lenta e, se o aquecimento for suficientemente rápido, a temperatura sobe acima de T_s sem se dar sublimação apreciável, fundindo o sólido a uma temperatura igual ou até superior a T_f na interseção do prolongamento (metastável) da linha sólido/líquido com a linha $P_1 = \text{constante}$ (Menezes, 1996; Reger, 1997; Chang, 1998 e Pombeiro, 1998).

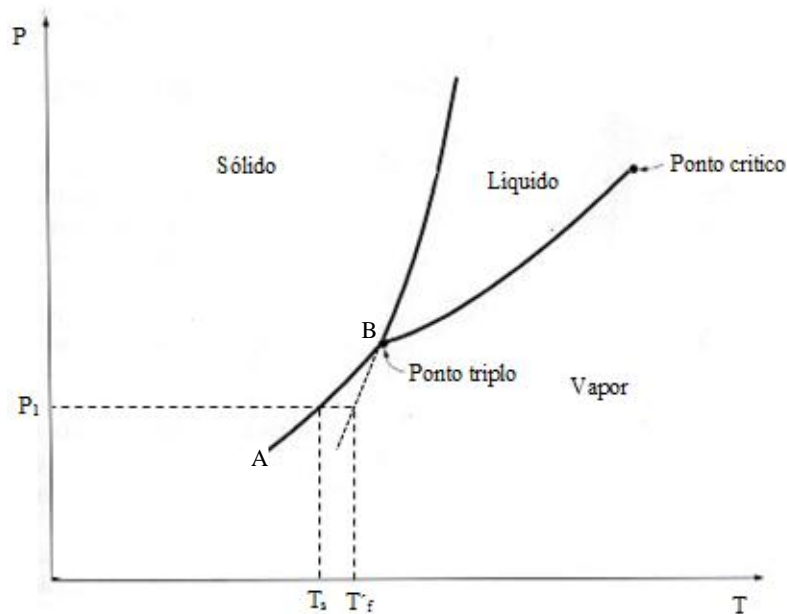


Figura 15 - Diagrama Pressão - Temperatura de uma substância pura (adaptado de http://teixeiras.no.sapo.pt/termodin_ficheiros/Cap.2.pdf e de Pombeiro, 1998).

O líquido formado corresponde a um estado metastável e, após tempo suficiente, todo ele passará à fase de vapor. No caso de a tensão de vapor correspondente ao ponto triplo ser inferior à pressão de trabalho, a substância fundirá por aquecimento sem passar diretamente ao estado gasoso. Porém, não são apenas as substâncias que apresentam pressões triplas superiores à pressão atmosférica normal (1 atm) que podem sublimar, também as substâncias que têm pressões triplas inferiores à atmosfera sofrem a mesma transformação desde que a pressão a que estão submetidas seja suficientemente reduzida por vácuo, descendo a um valor inferior à pressão tripla. Assim, embora o número de substâncias capazes de sublimar à pressão atmosférica seja reduzido, o método pode ser alargado a um grande número de substâncias, o que torna a sublimação um importante processo de purificação de substâncias sólidas. Alguns exemplos de substâncias purificáveis por sublimação são: o iodo, o iodeto estânico, o enxofre, o hexacloroetano, o dióxido de selênio, o bisciclopentadienilo de vanádio, o óxido de arsénio (III), o iodeto de mercúrio, o cloreto de mercúrio, o arsénio, a cânfora e o naftaleno.

Apesar de esta técnica permitir a separação de substâncias sublimáveis de outras não sublimáveis nas condições de trabalho, só pode ser empregue se a temperatura de decomposição da substância for superior à temperatura de sublimação (T_s), o que pode exigir a realização desta operação sob vácuo.

O processo de sublimação pode ser realizado em laboratório, utilizando uma montagem bastante simples, constituída por uma cápsula de porcelana ou um vidro de relógio, onde é colocada a substância a sublimar, sobre a qual se inverte um funil de vidro, que funciona como câmara de deposição (figura 16) (Menezes, 1996). Na extremidade da haste do funil

deve colocar-se um pouco de algodão, para que os vapores de sublimação que não chegam a depositar-se não passem para a atmosfera. Por aquecimento lento da cápsula, ou do vidro de relógio, os vapores formados por sublimação entram em contacto com as paredes frias do funil e passam ao estado sólido (deposição). Pode colocar-se uma rodela de papel de filtro com pequenos orifícios entre a cápsula e o funil invertido para impedir que o sublimado caia dentro da cápsula.



Figura 16 - Montagem frequentemente utilizada em laboratório para a sublimação do iodo In: <http://zj5.dillini.uni.me/7vR>

Existem equipamentos mais sofisticados, próprios para efetuar sublimações, equipados com controlo de temperatura, ligação ao vácuo e um condensador tipo “*cold finger*”, onde os vapores provenientes da sublimação solidificam. O arrefecimento pode ser feito pela circulação de água, ou pela inclusão, na zona fria, de uma mistura refrigerante. Estes diferentes tipos de equipamento permitem a sublimação de grandes quantidades de substâncias (a), de microquantidades (b) e a sublimação de substâncias sensíveis ao ar (c). Os vapores de sublimação podem ser arrastados pelo fluxo de um gás inerte (d) (figura 17), apresentando o sublimador um filtro para impedir que partículas sólidas arrastadas contaminem o produto purificado já depositado e que pedaços deste caiam misturando-se com a fração não sublimada.

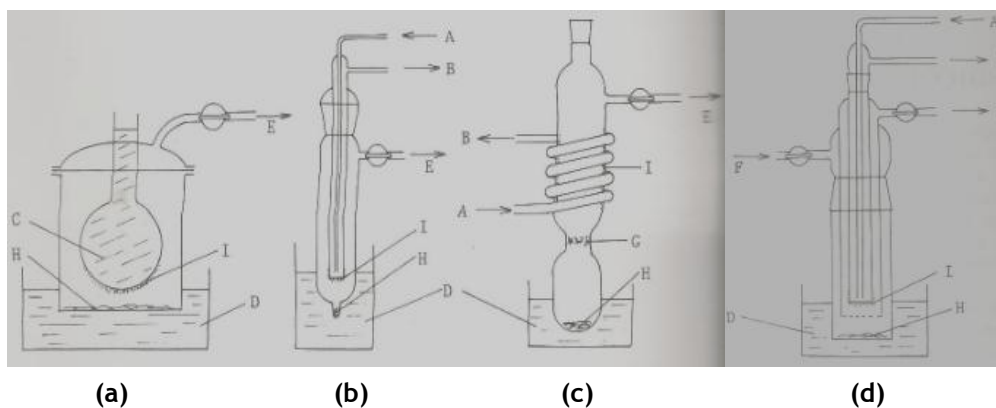


Figura 17 - Sublimadores de vácuo. A, B - entrada e saída de água de refrigeração. C - mistura refrigerante. D- banho de aquecimento. E - ligação à fonte de vácuo. F - entrada de gás arrastador. G - algodão em rama ou lã de vidro. H - sólido a sublimar. I - sólido sublimado (in: Pombeiro, 1998).

Analisando os últimos manuais de ciências físico químicas editados (2012) para o 7º ano do ensino básico, é possível verificar que de acordo com o manual escolar, este processo de separação de uma mistura pode ou não surgir referenciado. Assim, enquanto Cavaleiro et al. (2012) faz referência a este processo de separação, dando como exemplo a mistura areia e iodo, Costa et al. (2012) não faz qualquer referência ao mesmo. De facto, como vimos no segundo capítulo, as atuais orientações curriculares para o ensino básico não são específicas relativamente a este tema, deixando de certa forma ao critério do docente, os processos de separação a abordar.

A demonstração deste processo de separação, quando efetuada ao nível do 7º ano de escolaridade, deve ser realizada pelo professor, na hotte, em gobelé tapado ou utilizando a montagem apresentada na figura 16.

Enquanto futura professora, considero que este processo de separação deve ser referido aos alunos, indicando o princípio físico em que se baseia a (sublimação de um dos componentes) e dando exemplos de algumas substâncias passíveis de sofrer sublimação. Estabelecer a ligação ao quotidiano, numa perspetiva Sociedade-Tecnologia - Ciência é também essencial, podendo ser dado como exemplo de aplicação a purificação de substâncias sólidas na indústria, como o naftaleno, utilizado como matéria-prima no fabrico de corantes e resinas sintéticas, e purificado industrialmente desta forma.

No ensino secundário (10º ano de escolaridade), este processo, à semelhança dos já abordados, é explorado pelos alunos nas aulas laboratoriais, no caso de ser apresentado aos mesmos uma mistura em que este processo permita a separação de dois dos componentes da mesma. Nesse caso é importante chamar a atenção que a mesma substância pode sublimar ou fundir dependendo das condições de pressão e temperatura aquando do aquecimento, sobretudo porque uma das atividades laboratoriais a realizar posteriormente será a determinação do ponto de fusão, sendo usada uma substância que sublima facilmente. A

explicação teórica apresentada neste documento poderá ser indicada a um aluno especialmente motivado e que mostre interesse por perceber o diferente comportamento das substâncias ao serem aquecidas. O professor deverá auxiliar o aluno na interpretação do diagrama p, T .

D. Extração por Solvente ou Dissolução Seletiva

A diferença de solubilidades das substâncias que compõem uma mistura permite a separação das mesmas, desde que se escolha o solvente apropriado. Assim, ao pretender-se separar os componentes sólidos A e B de uma mistura, dever-se-á escolher um solvente em que apenas um destes dois componentes seja solúvel. Este processo de separação é habitualmente seguido de uma filtração e de uma cristalização, de forma a recuperar cada um dos componentes da mistura em separado.

Na figura 18 apresenta-se uma das misturas que pode ser dada como exemplo para a aplicação deste processo de separação, a mistura areia e cloreto de sódio. A adição de água à mistura e a posterior dissolução do cloreto de sódio em água, permite a separação dos dois componentes, que podem posteriormente ser recuperados por decantação/filtração e cristalização.



Figura 18 - a) Mistura de areia e cloreto de sódio; b) extração por solvente ou dissolução seletiva, utilizando água como solvente.

A dissolução da substância solúvel (soluto) no líquido selecionado (solvente) origina uma mistura homogênea ou solução, sendo que, sempre que o solvente for água, essa solução se denomina de aquosa.

Podemos definir como solubilidade, a capacidade que uma dada substância tem para se dissolver noutra, a uma dada temperatura. Esta capacidade, no que diz respeito à dissolução de um sólido num líquido é limitada, ou seja, existe um máximo de soluto que é possível dissolver numa certa quantidade de um solvente, pelo que o volume de solvente adicionado no decorrer deste processo de separação é variável, dependendo da quantidade do componente sólido solúvel (Chang, 1998).

Quando o solvente selecionado é adicionado à mistura, começa o processo de destruição da estrutura do estado sólido do soluto. As partículas do solvente atacam a superfície do retículo cristalino, removendo partículas do soluto, rodeando-as, e finalmente dispersando-as. O resultado é a destruição da estrutura do soluto e a alteração da estrutura do solvente, existindo agora algumas partículas de soluto onde antes havia apenas solvente. A facilidade com que este processo ocorre depende de três tipos de interações: **a)** interações solvente - solvente, **b)** interações soluto-soluto e **c)** interações solvente-soluto (Pimentel, 1978).

O processo de dissolução de uma substância num solvente pode ser descrito numa sequência de três etapas: **a)** separação das partículas (moléculas ou iões) de soluto; **b)** afastamento das partículas de solvente para formar espaços que serão ocupados pelas moléculas de soluto e **c)** estabelecimento de interações entre as partículas de soluto e solvente para formar a solução. Enquanto as primeiras duas etapas necessitam de energia para vencer as forças intermoleculares atrativas, e por isso são endotérmicas, a terceira etapa pode ser exotérmica ou endotérmica (figura 19) (Pimentel, 1978; Chang, 1998).

A entalpia de dissolução (ΔH_{diss}) é dada por:

$$\Delta H_{\text{diss}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 \quad (1)$$

Sendo,

ΔH_1 = Entalpia associada à separação das partículas (moléculas ou iões) de soluto;

ΔH_2 = Entalpia associada ao afastamento das partículas de solvente;

ΔH_3 = Entalpia associada às interações entre as partículas de soluto e solvente.

Se a atração soluto - solvente for mais forte do que a atração solvente - solvente e a atração soluto - soluto, o processo de dissolução é favorável, isto é, o soluto dissolve-se no solvente. Este processo de dissolução é exotérmico ($\Delta H_{\text{sol}} < 0$). Se a interação soluto - solvente for mais fraca do que as interações solvente - solvente e soluto-soluto, o processo de dissolução é endotérmico ($\Delta H_{\text{sol}} > 0$).

O processo de dissolução, à semelhança de todos os processos químicos e físicos, depende da energia envolvida, que determina se o processo de dissolução é exotérmico ou endotérmico, e da tendência intrínseca para a desordem, que se verifica em todos os processos naturais.

Quando as moléculas de soluto e de solvente se misturam para formar a solução há um aumento de desordem. No estado puro, o solvente e o soluto possuem uma certa ordem, caracterizada pela disposição mais ou menos regular dos átomos, moléculas ou iões no espaço tridimensional. Grande parte dessa ordem é destruída quando o soluto se dissolve no solvente. Portanto, o processo de dissolução é sempre acompanhado por um aumento de desordem. É este aumento da desordem do sistema que favorece a solubilidade de qualquer substância, mesmo no caso do processo de dissolução ser endotérmico (Chang, 1998; <http://ww.casadasciencias.org>).

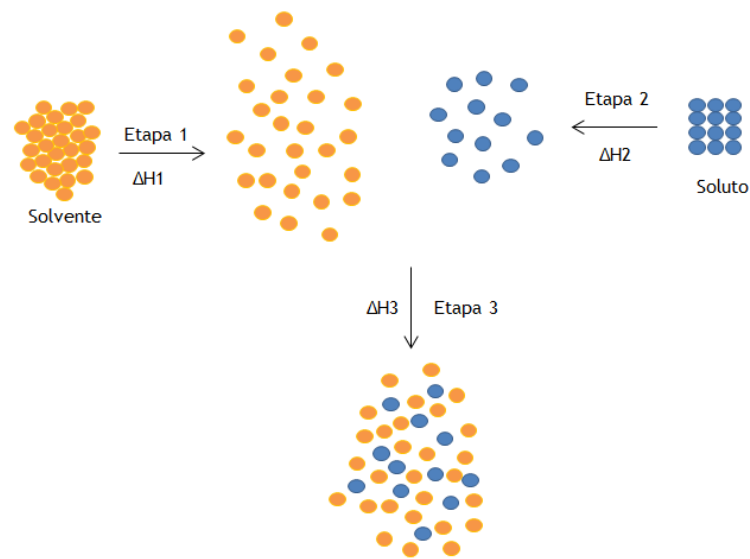


Figura 19 - Processo de dissolução, do ponto de vista molecular (adaptado de Chang, 1998).

As partículas do soluto estabelecem interações com as moléculas de solvente (Van der Waals, pontes de hidrogénio, etc.); estas interações entre dipolos elétricos permanentes ou temporários promovem a estabilidade do sistema soluto-solvente.

Quando as interações são entre um solvente polar e um soluto polar denomina-se de solvatação, tomando o nome de hidratação, no caso de o solvente ser água.

Em termos cinéticos, a rapidez de uma dissolução é influenciada por vários fatores, nomeadamente:

a) **Natureza do soluto e solvente:** quanto maior for a afinidade entre ambos, mais rápido é o processo de dissolução. Um solvente dissolverá um soluto, se ambos tiverem estruturas semelhantes. Geralmente solventes polares tendem a dissolver solutos polares, e solventes não polares a dissolver solutos não polares (figura 20).

| Soluto apolar / Solvente apolar | Soluto apolar / Solvente polar |
|--|--|
| <p>Solvente apolar</p> <p>Soluto apolar</p> <p>Há dissolução</p> | <p>Solvente polar</p> <p>Soluto apolar</p> <p>H₂O</p> <p>Não há dissolução</p> |
| Soluto polar / Solvente apolar | Soluto polar / Solvente polar |
| <p>Solvente apolar</p> <p>Soluto iônico (polar)</p> <p>Não há dissolução</p> | <p>Solvente polar</p> <p>Soluto iônico (polar)</p> <p>H₂O</p> <p>Há dissolução (solvatação: hidratação)</p> |

Figura 20 - Interação entre diferentes tipos de soluto e solvente, e ocorrência ou não do respectivo processo de dissolução (adaptado de http://150.162.31.1/-minatti/aulas/qmc5225/aula_08_organica_intro/sld055.htm).

b) Temperatura: normalmente a solubilidade de um soluto num dado solvente aumenta com o aumento da temperatura, o que conduz a uma dissolução mais rápida. Contudo, por vezes a solubilidade diminui com a temperatura, sendo o processo de dissolução mais lento à medida que a temperatura aumenta.

c) Grau de insaturação da solução: a rapidez de dissolução é tanto maior quanto mais afastada da saturação estiver a solução. À medida que a solução se aproxima do ponto de saturação, a rapidez de dissolução será cada vez menor.

d) Convecção: a presença ou ausência de convecção afeta a rapidez de dissolução do soluto no solvente. A presença de convecção forçada (agitação) aumenta a rapidez de dissolução.

e) Área de superfície de contacto: a área de superfície de contacto entre soluto e solvente depende do estado de agregação do soluto. Assim, quanto maior for a área de superfície de um soluto, maior é a área de contacto entre soluto e solvente, o que leva a uma maior rapidez de dissolução. Por exemplo, é mais rápido dissolver 10 g de sal de cozinha “fino” em água do que 10 g de sal de cozinha “grosso”.

A água é um bom solvente para compostos iónicos, pois as suas moléculas são polares ligeiramente positiva perto dos átomos de hidrogénio e ligeiramente negativa na zona do oxigénio, sendo muitas vezes referida como sendo um solvente polar.

Quando um composto iónico é dissolvido em água, as interações elétricas soluto-solvente superam as existentes no composto, e cada um dos seus iões agrega algumas moléculas de água distribuindo-se de modo a ficar um conjunto estável. O processo designa-se de solvatação, neste caso hidratação e na figura 21 está esquematizado o resultado final. A hidratação ajuda a estabilizar os iões em solução e evita a recombinação entre catiões e aniões (Pimentel, 1978; Chang, 1998).

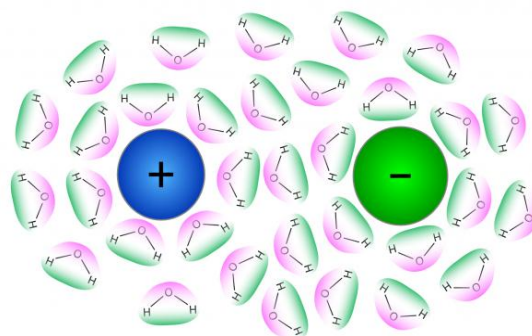


Figura 21 - Efeito de solvatação (hidratação) de um solvente num soluto (in:<http://galileo.netii.net/quimica/imgq/solvatacao/>).

A tabela 4. (anexo I) apresenta algumas regras que ajudam a prever a solubilidade de um determinado composto iónico em água.

Tanto ao nível do ensino básico como do ensino secundário, surgem indiferentemente os termos extração por solvente e dissolução seletiva para designar o mesmo processo de separação. Ao nível do ensino básico (7º ano de escolaridade), os exemplos que surgem nos manuais escolares e dados frequentemente pelos professores, envolvem a água como solvente e as misturas usualmente estudadas têm como um dos componentes o cloreto de sódio ou a sacarose. Contudo, alguns manuais (Costa et al, 2012) apresentam outros exemplos de misturas para a aplicação deste processo, como o dióxido de manganês e o cloreto de amónio, dois componentes das pilhas secas.

Já ao nível do 10º ano de escolaridade, sendo a abordagem de ensino laboratorial e investigativa, o professor pode sugerir separar componentes presentes em misturas, cuja solubilidade seja menos conhecida, estimulando os alunos a pesquisar a solubilidade dos componentes da mistura em diferentes solventes.

Também aqui será importante que fique claro para os alunos o princípio físico inerente ao processo (solubilidade de um dos componentes da mistura num dado solvente) e o facto de esta técnica necessitar de ser seguida por outras, como sejam a filtração e cristalização, de

forma a recuperar os componentes da mistura. A extração da cafeína do café para obter café descafeinado é um dos exemplos de aplicação que pode ser dado aos alunos.

3.2.3. Processos físicos de separação dos componentes de uma mistura heterogénea sólido - líquido

Nesta secção procede-se à descrição de processos de separação aplicados a misturas heterogéneas em que existem componentes no estado sólido e no estado líquido e que constam do diagrama seguinte (figura 22).

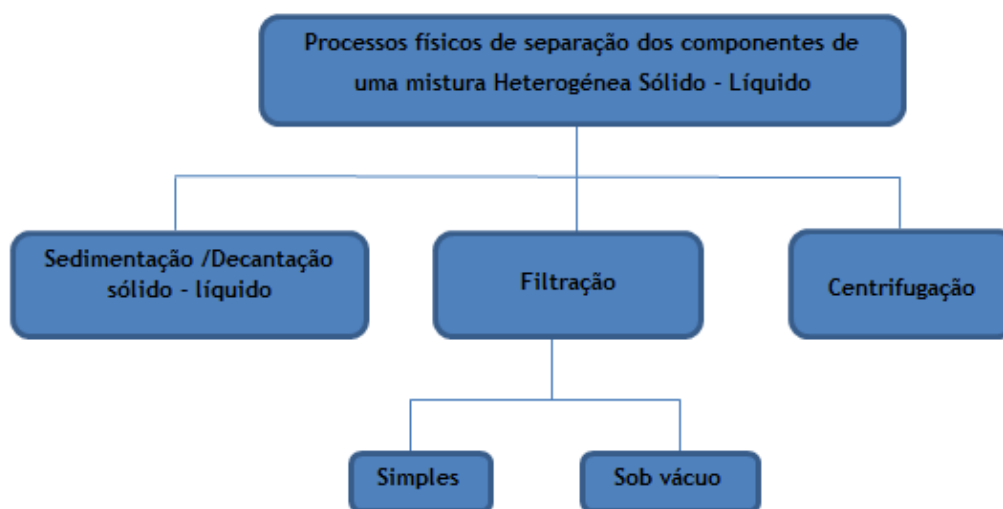


Figura 22 - Diferentes processos físicos de separação dos componentes de uma mistura heterogénea sólido - líquido.

E. Sedimentação/ Decantação Sólido - Líquido

A decantação sólido-líquido é um método de separação entre uma fase sólida e uma fase líquida, que se baseia na diferença de densidades dos vários componentes da mistura. Para proceder à decantação de um líquido contendo partículas sólidas, deixa-se repousar a mistura o tempo suficiente para que o sólido sedimente no fundo do recipiente e posteriormente, com o auxílio de uma vareta, transfere-se cuidadosamente o líquido sobrenadante para outro recipiente, evitando que o sólido se desloque. Na transferência deve-se usar uma vareta e proceder do modo indicado na figura 23. Este processo de separação é bastante usado em situações do quotidiano, como, por exemplo, quando se serve um vinho velho com depósito, na transfeza do vinho das pipas ou no tratamento de águas residuais.

Durante a sedimentação, as partículas em suspensão no líquido são depositadas, por ação da força gravitacional, no fundo do recipiente que contém a mistura. De acordo com Geankoplis (2003), a separação gravitacional pode ser muito lenta devido a vários fatores: **a)** pequeno tamanho das partículas, **b)** densidades próximas da partícula e do líquido e **c)** eventual presença de forças associativas que mantêm os componentes ligados, presentes em emulsões².



Figura 23 - Processo de decantação sólido-líquido.

O processo de sedimentação pode ocorrer de diferentes formas, dependendo essencialmente da natureza das partículas sólidas presentes na suspensão. Assim, a sedimentação pode ser: **a) discreta**, **b) floculenta** e **c) zonal ou em massa** (figura 24). No primeiro caso, as partículas sólidas em processo de sedimentação mantêm-se isoladas das demais, não ocorre aglomeração entre elas e cada partícula mantém inalteradas as suas características físicas (forma, tamanho, densidade), sendo a velocidade de sedimentação constante ao longo do tempo. As partículas de areia são um dos exemplos de partículas que sedimenta deste modo. Na sedimentação floculenta ocorre aglomeração das partículas, o que conduz a alterações consideráveis das suas características físicas e, conseqüentemente, das suas características de sedimentabilidade. A sedimentação de partículas de natureza orgânica é um dos exemplos deste tipo de sedimentação. Já a sedimentação zonal ou em massa ocorre sob a forma de um bloco, aparecendo quase que instantaneamente uma interface límpida sólido-líquido que vai sedimentando como um todo. A sedimentação de lamas é um dos exemplos deste tipo de sedimentação.

² Emulsão: mistura entre dois líquidos imiscíveis em que um deles (a fase dispersa) encontra-se na forma de finos glóbulos no seio do outro líquido (a fase contínua), formando uma mistura estável.

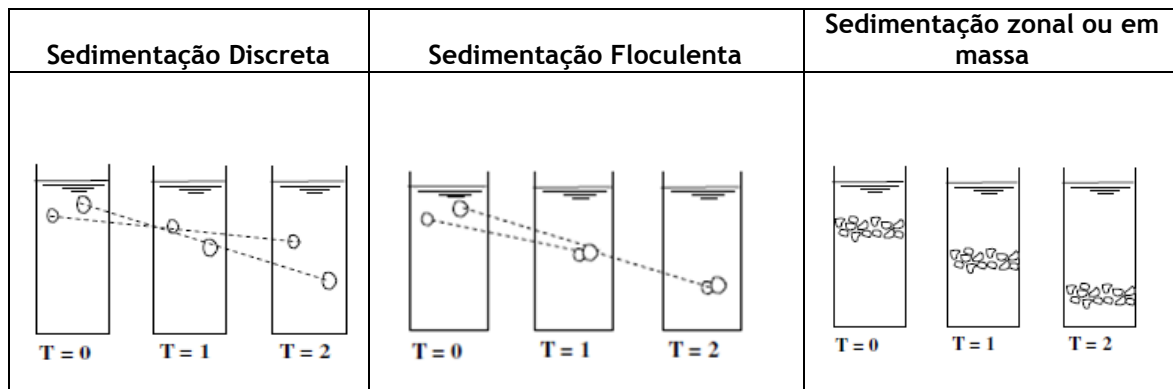


Figura 24 - Diferentes tipos de sedimentação
(in:<http://jararaca.ufsm.br/websites/ces/download/A3.pdf>)

Muitas das vezes há ocorrência simultânea dos três tipos de sedimentação referidos. Um dos casos em que tal acontece é no tratamento de águas residuais, que geralmente contêm partículas sólidas em suspensão de diferente natureza.

Sempre que uma partícula se move num fluido, são várias as forças que atuam sobre a mesma. Assim, considerando uma partícula rígida em movimento num fluido, existem três forças que irão atuar: a força da gravidade (F_g), a força de impulsão (F_i) e a força de resistência exercida pelo fluido (F_a) (Dias, 2004) (figura 25).

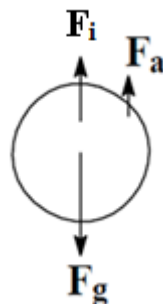


Figura 25 - Forças que atuam numa partícula durante uma sedimentação discreta (in:<http://pessoal.utfpr.edu.br/jcrazevedo/arquivos/sedimentacao.pdf>).

Uma partícula, mais densa do que um líquido onde está imersa e que mantenha o tamanho, a forma e a densidade, estando o fluido em repouso, vai sedimentar com uma velocidade constante (a chamada velocidade terminal). Durante o seu movimento a partícula vai ficar sujeita às 3 forças representadas na figura 25. No início, a força de resistência exercida pelo fluido é pouco intensa, a resultante é para baixo e o movimento acelerado, aumentando a velocidade. Como F_a é proporcional à velocidade, a sua intensidade vai aumentando até que a resultante das 3 forças se anula e, a partir desse momento o movimento passa a ser uniforme.

No anexo I, apresentam-se as equações que traduzem o movimento de cada partícula esférica durante o processo de sedimentação.

Através da sedimentação é possível separar todos os sólidos suspensos cuja densidade seja maior do que a densidade do fluido circundante. De acordo com Kunz, 1990, sempre que o fluido for água, o tamanho crítico das partículas sedimentáveis, encontra-se em torno de 0,5 µm, sendo as partículas de menores dimensões mantidas em suspensão.

Para a separação das fases obtidas a sedimentação tem de ser seguida de uma decantação.

A decantação permite apenas uma separação grosseira, já que não separa as partículas em suspensão, devendo ser seguida de técnicas como a filtração ou a centrifugação. Contudo, sempre que a fase sólida tenha dimensões apreciáveis, a decantação deve preceder o processo de filtração.

No ensino básico (7º ano de escolaridade), os processos de sedimentação, decantação e filtração são habitualmente realizados pelos próprios alunos em laboratório, o que lhes permite contactar com o material, manusear corretamente o mesmo e aprender a realizar estas técnicas de forma correta e com procedimentos de segurança.

À semelhança de outros processos de separação, também aqui deve ficar claro para os alunos o princípio físico em que se baseia (maior densidade do sólido da mistura, o qual se deposita no fundo do recipiente). Algumas das aplicações que podem ser dadas como exemplo são: as estações de tratamento da água da rede pública (tanques de sedimentação/decantação); análise de solos ou a separação das “borras” de café ou de vinho.

No 10º ano de escolaridade, este processo é habitualmente realizados pelos alunos nas aulas práticas, seguido da filtração.

F. Filtração

A filtração é uma técnica que permite a separação de uma fase sólida em suspensão numa fase fluida (líquida ou gasosa), passando a mistura através de um meio filtrante (poroso e permeável), que permite apenas a passagem do fluido. Neste processo, o meio filtrante é vulgarmente denominado de filtro, as partículas sólidas adquirem o nome de resíduo e o fluido que atravessa o filtro denomina-se de filtrado.

Este processo é uma das técnicas de separação mais antigas, sendo atualmente muito usada em laboratório e na indústria, aplicada à separação de misturas sólido/líquido ou sólido/gás. Dois dos exemplos são a filtração de água potável através de camadas de areia e gravilha ou a filtração de poeiras do ar. Nas indústrias de alimentos e bebidas, a filtração surge na produção de sumos de frutas, óleos vegetais, leite e derivados, entre outros produtos.

A escolha do filtro adequado é determinante para uma separação eficaz. No quotidiano usamos muitos filtros de papel, como os que a figura 26 mostra.

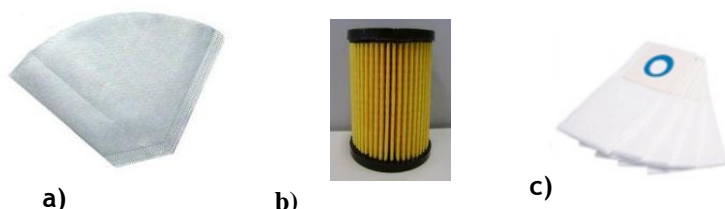


Figura 26 - Filtros de papel: a) para café, b) filtro do ar (automóvel) e c) no aspirador. in: <http://www.artesanatododebom.com.br/decoupage/caixa-mdf-com-filtro-de-papel-reciclado.php>; [http://www.autopecasxavier.com.br/Filtro_de_Oleo_206 - 207 - 307 - C3 - C4 Partner - Transit.p.18339p.aspx](http://www.autopecasxavier.com.br/Filtro_de_Oleo_206_-_207_-_307_-_C3_-_C4_Partner_Transit.p.18339p.aspx) e <http://gavamaquinas.com.br/v2/acessorios.html>).

Em algumas situações usam-se filtros de tecido ou de lã de vidro (ver figura 27)



Figura 27 - Filtros em tecido: a) num aspirador; b) para café; c) num ventilador in: <http://vitalecafe.blogspot.pt/2011/07/coador-de-pano-individual.html> http://www.darlen.com.br/Tasco_Acess%C3%B3rios_Climatecnica.htm)

No laboratório, a seleção do meio filtrante depende das condições e objetivos da experiência ou do processo analítico a utilizar. Os tecidos filtrantes estão em desuso e as placas filtrantes (de porcelana porosa ou de microfibras de vidro aglomerada (borossilicato) proporcionam, relativamente ao papel de filtro: a) uma filtração mais rápida, b) um maior caudal e uma maior capacidade de carga, o que permite filtrar maiores volumes numa só operação; c) a filtração mais fácil de misturas com tendência a aglomerar e d) elevada estabilidade química (exceto em soluções alcalinas concentradas e ácido fluorídrico. No entanto são menos vulgares em trabalho laboratorial corrente (Prieto, 1995; Pombeiro,1998; Simões, 1999). Em seguida tecem-se algumas considerações sobre o uso correto de filtros de papel, apenas.

Figura 28 - Meios filtrantes: a) papel de filtro e b) placa filtrante em cadinho. In: <http://jjimeno.com/2834-papel-filtro-cualitativo-grado-1-70-mm-whatman-910000001274.html> e <http://www.proanalise.com.br/webroot/loja/cadinhos-filtrantes/433-cadinho-filtrante-em-vidro-schott-duran-.html>.



A generalidade dos papéis de filtro é constituída por celulose muito pura, de diferentes porosidades (geralmente 0,5 μm e 5 μm). No caso das dimensões das partículas a filtrar serem desconhecidas, a escolha do grau de porosidade do papel de filtro deve ser feita por tentativas (Prieto, 1995; Pombeiro, 1998; Simões, 1999) (anexo I).

O diâmetro do papel de filtro deve ser determinado pelo volume do sólido a reter e não pelo volume de líquido a ser filtrado. No final da filtração, o resíduo sólido deverá ocupar no máximo 1/3 da capacidade máxima no filtro, por forma a permitir a lavagem subsequente.

São diversos os aspetos a considerar na seleção de um meio filtrante: **a)** a eficiência do mesmo na retenção das partículas sólidas (diâmetro das partículas/ diâmetro dos poros do meio filtrante); **b)** o caudal de fluido a que vai ser submetido, **c)** a sua capacidade de carga, **d)** a sua resistência mecânica, **e)** a sua resistência química, **f)** o seu grau de cinzas e **g)** o seu custo (Pombeiro, 1998; Simões, 1999).

Segundo Prieto, 1995, todos os meios filtrantes devem reunir três condições essenciais: **a)** permitir uma filtração relativamente rápida; **b)** proporcionar a retenção total do sólido e **c)** ser quimicamente inertes, de forma a não darem lugar a reações secundárias com o fluido ou com o sólido. Segundo o autor, a simultaneidade de **a)** e **b)** determina a qualidade de um material filtrante, contudo, a mesma é difícil de conseguir, já que uma filtração será tanto mais rápida quanto maior for a porosidade do material filtrante, o que não favorece a retenção do sólido. Contrariamente, se a porosidade do material filtrante for muito pequena, de forma a reter todo o sólido, a filtração será lenta.

Dois dos problemas que podem surgir na execução desta técnica prendem-se com a obstrução do meio filtrante pelas pequenas partículas e com a elevada viscosidade de algumas das misturas a filtrar (Reger, 1997). A realização de uma sedimentação e de uma decantação antes de executar a filtração, minimizam a primeira situação, enquanto a realização de uma filtração a quente pode ser a solução para filtrar com sucesso misturas com elevada viscosidade, à semelhança de soluções próximas da saturação (Reger, 1997).

Nos laboratórios utilizam-se, fundamentalmente, duas técnicas de filtração: a filtração por gravidade ou a pressão normal e a filtração por sucção ou a pressão reduzida (figura 29).



Figura 29 - a) Filtração por gravidade ou a pressão normal; b) filtração por sucção ou a pressão reduzida.

1. Filtração por gravidade ou a pressão normal

A filtração por gravidade, ou a pressão normal, ocorre devido ao efeito da gravidade sobre a mistura a separar. Neste tipo de filtração, o papel de filtro pode ser dobrado liso ou em pregas. O filtro liso é o mais indicado para recolher o resíduo sólido e o filtro de pregas o mais indicado para recolher o líquido após filtração. Em anexo (anexo I) exemplifica-se o processo de dobragem de um filtro liso e de um filtro de pregas.

O papel de filtro dobrado em pregas permite uma maior área superficial e conseqüentemente filtrações mais rápidas. Preparado o filtro de papel, há que adaptá-lo a um funil de vidro. O funil mais adequado a uma filtração rápida deverá ter um ângulo de cerca de 60° , uma haste de 15 cm e diâmetro interno de 4 mm. A haste deverá ficar cheia de líquido durante toda a filtração. Para se obter a máxima velocidade de filtração, a extremidade do funil deve ser colocada em contacto com a parede interior do copo de recolha do filtrado. O papel deve ser molhado com o mesmo solvente que o da solução que contém o sólido a filtrar não só para garantir maior aderência ao funil de vidro, como também para minimizar perda de substância por adsorção ao papel.

A filtração à pressão ambiente (por gravidade) é feita como se indica na figura 29 a). Após sedimentação, a mistura a filtrar é decantada para o filtro com o auxílio de uma vareta, havendo o cuidado de não o encher mais do que até cerca de 0,5 cm do bordo. A operação deve ser realizada quantas vezes for necessário, utilizando o mesmo filtro ou outro, até que o líquido fique transparente. Após a filtração, deve adicionar-se um pouco de solvente ao recipiente que continha a mistura a separar, para garantir a remoção de todo o material aderente às paredes. O sólido filtrado pode ser posteriormente lavado com um solvente

adequado (no qual não é solúvel). No caso de soluções próximas da saturação ou que sejam muito viscosas, pode ser necessário efetuar a filtração a quente, para o que se utiliza um funil equipado com uma camisa de aquecimento onde circula água quente.

2. Filtração por sucção ou a pressão reduzida

A filtração por sucção ou a pressão reduzida (figura 29 b) e figura 30) utiliza-se quando se pretende uma filtração mais rápida, quando existem grandes quantidades de sólido ou quando as partículas do mesmo são de dimensões muito pequenas. Neste processo de separação, utiliza-se um kitasato, um funil de Büchner, onde é colocado um papel de filtro e um dispositivo para a criação de vácuo (trompa de vácuo (figura 30 a)) ou bomba de vácuo (figura 30 b)). O papel de filtro que se coloca sobre os orifícios do kitasato deve tapá-los completamente sem dobrar, e antes da filtração, ser humedecido com solvente para melhor aderência, succionando o excesso de solvente por sucção com a trompa. O funil de Büchner é ajustado ao kitasato através de um adaptador de borracha (guko). A passagem de água com velocidade pela trompa, reduz a pressão e ar do kitasato é aspirado, reduzindo a pressão no interior do kitasato. Devido à diferença de pressão com a do ar exterior o líquido é sugado e passa através do filtro, onde ficam retidas as partículas sólidas. No caso de a trompa não ter válvula de segurança, deve colocar-se um frasco de segurança entre a trompa e o kitasato.

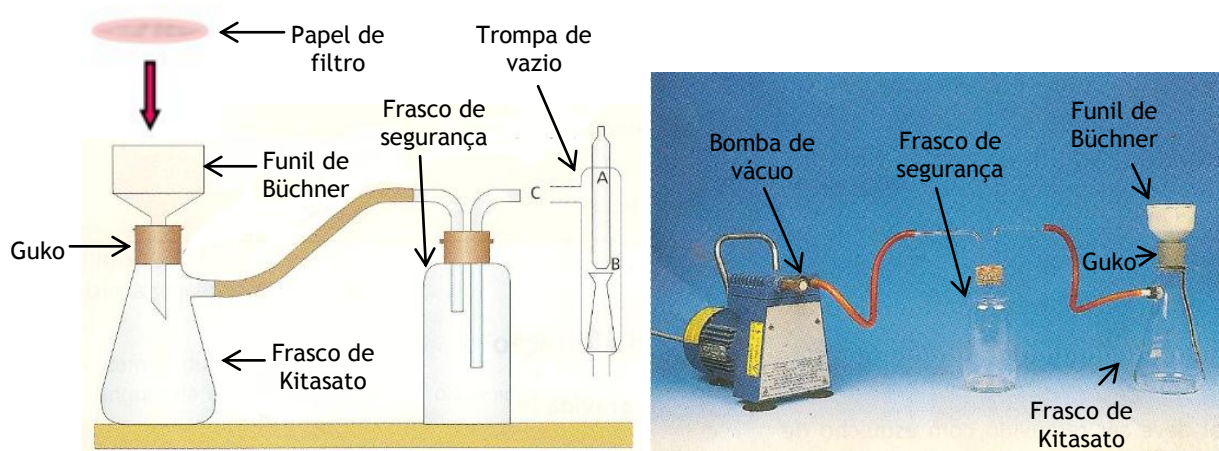


Figura 30 - a) Filtração por sucção com trompa de vácuo. b) Filtração por sucção com bomba de vácuo (adaptado de Simões, 1999).

Esta técnica permite também lavar e secar o sólido. A filtração só é iniciada depois de efetuado o vácuo no sistema e, uma vez terminada, só se desliga a trompa depois de o sistema estar de novo à pressão ambiente, o que se consegue fechando a válvula de segurança ou abrindo a torneira do frasco de segurança. Quando a pressão no interior do kitasato diminui, o líquido passa com mais rapidez através do filtro, já que são somados os efeitos da pressão exterior e da sucção produzida. Terminada a filtração, deve retirar-se, em primeiro lugar, o funil ou o guko antes de fechar a torneira da água, de modo a evitar o

retorno desta. O sólido lava-se normalmente no funil, com pequenas porções de líquido de lavagem, adicionando-se cada uma após eliminação da anterior.

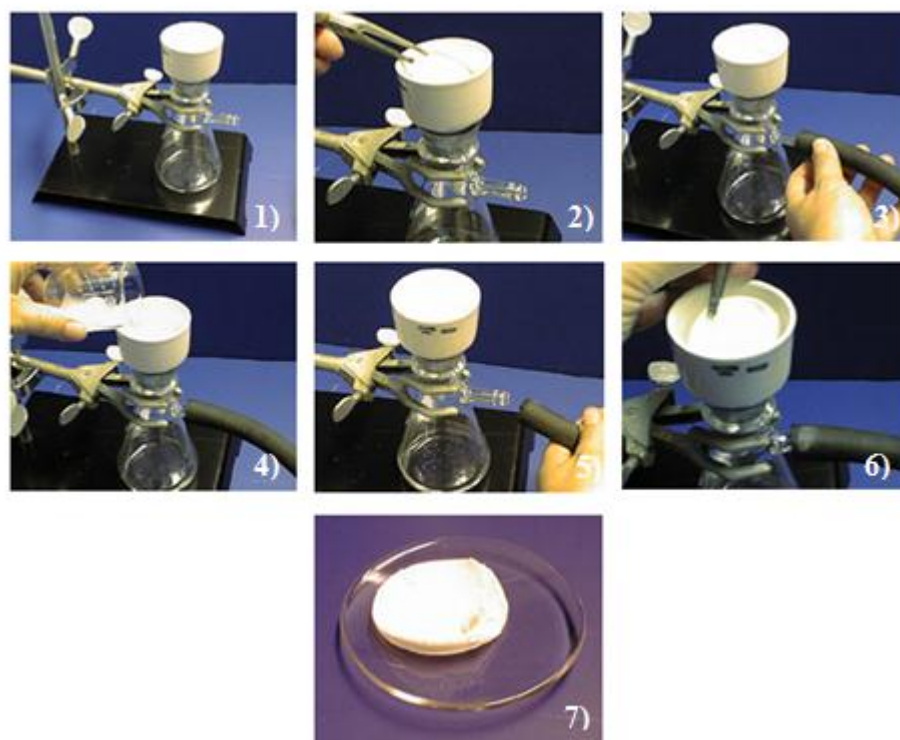


Figura 31 - Procedimento de filtração por sucção ou a pressão reduzida: 1) montagem do material, 2) colocação do papel de filtro, 3) ligação ao vácuo, 4) filtração e lavagem, 5) remoção do sistema de vácuo (desligar), 6) remoção do papel de filtro, 7) resíduo sólido (adaptado de: <http://orgchem.colorado.edu/Technique/Procedures/Filtration/Filtration.html>.)

O processo de filtração ocorre devido à atuação de duas forças: a força de pressão exercida sobre a suspensão a ser filtrada sobre o meio filtrante (P) e a resistência, oferecida pelo meio filtrante (R_{MF}) (figura 32). Enquanto o diferencial entre estas duas forças for positivo ($P - R_{MF} > 0$), e obviamente, existir mistura para filtrar, a filtração irá ocorrer. A resistência oferecida pelo meio filtrante ao fluxo do fluido aumenta com o passar do tempo, à medida que o meio filtrante vai sendo obstruído pelo resíduo depositado (Tognetti, 2007).

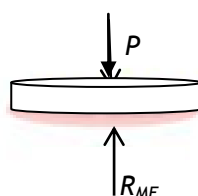


Figura 32 - Forças exercidas durante o processo de filtração.

A Lei de Henry Darcy, apenas válida para fluxos laminares, descreve o fluxo de um fluido através de um meio poroso e exprime a velocidade de uma filtração (Equação 2).

$$v = A K (\Delta P/L) \quad (2)$$

Em que:

v = velocidade de filtração;

A = área do meio filtrante;

ΔP = diferença de pressão nos dois lados do meio filtrante;

K = coeficiente de permeabilidade (constante para um determinado meio filtrante);

L = espessura da camada filtrante.

Assim:

- 1) Uma maior diferença de pressão entre os dois lados do filtro irá promover um aumento da velocidade de filtração, exceto para partículas compressíveis.
- 2) Um aumento da área filtrante promove um aumento da velocidade de filtração (diminuição da camada filtrante e da sua resistência).
- 3) A resistência do resíduo é função da sua espessura, sendo a velocidade de escoamento do fluido (velocidade de filtração) inversamente proporcional à quantidade de resíduo depositado (espessura da camada filtrante).

Também a Lei de Poiseuille (3) descreve o escoamento do fluido sob condições de fluxo laminar, não turbulento, permitindo calcular o caudal de filtrado, ou seja, a velocidade de fluxo do filtrado, nas seguintes condições: a) partículas sólidas rígidas e b) comprimento dos poros constante.

$$Q = N(\Delta P.r^4 / 8.\eta.L) \quad (3)$$

Sendo:

Q = caudal de fluido;

N = nº de poros (proporcional à superfície filtrante);

ΔP = diferença de pressão nos dois lados do meio filtrante;

r = raio médio dos poros;

η = viscosidade do líquido;

L = resistência do filtro expressa no comprimento dos capilares (espessura do meio filtrante).

O que além de 1) e 2), verificados por (2), ainda nos permite verificar que:

- 4) A velocidade de filtração é inversamente proporcional à viscosidade do fluido.
- 5) Um maior tamanho das partículas do resíduo conduz a menores velocidades de filtração pois há um aumento da resistência específica do filtro.

6) Uma maior área de superfície filtrante (maior número de poros), assim como um maior raio médio dos poros conduzem a uma maior velocidade de filtração.

A velocidade de filtração pode então ser aumentada: a) aumentando a diferença de pressão entre os dois lados do meio filtrante; b) aumentando a área de filtração; c) diminuindo a viscosidade do fluido a filtrar e d) diminuindo a espessura da camada filtrante.

A porosidade de um meio filtrante, isto é, o diâmetro médio dos seus poros relaciona-se com a pressão necessária para os atravessar da seguinte forma:

$$d = K (4\alpha/P) \quad (4)$$

Em que:

d = diâmetro dos poros;

K= constante;

α = tensão superficial do líquido à temperatura de trabalho;

P = pressão.

A filtração proporciona, normalmente, a formação de uma camada de partículas sólidas sobre a superfície e/ou no corpo poroso do elemento filtrante, a qual uma vez formada, age também como elemento filtrante. A espessura desta camada aumenta à medida que o processo de filtração se desenvolve, permitindo ao fluxo do fluido, ser filtrado pelos canais de passagem formados no interior desta camada. Sendo o fluxo do fluido através desses canais, sempre laminar, pode também ser representado pela equação de Poiseuille (3) (Tognetti, E, 2007).

De acordo com Pombeiro (1998), a filtração pode também ser utilizada na separação entre duas fases líquidas imiscíveis, uma aquosa e outra orgânica. Para tal, utiliza-se um papel de filtro impregnado com silicone que o torna hidrófobo, retendo a fase aquosa.

Como já foi referido anteriormente, ao nível do 7º ano, o processo de filtração por gravidade é frequentemente realizado pelos alunos em laboratório, surgindo nos manuais escolares como uma das “tarefas” ou “atividades experimentais” propostas. Aqui, os alunos não só contactam com o material de laboratório, como aprendem a manusear o mesmo, a fazer um filtro de papel (liso) e a realizar corretamente e em segurança esta técnica.

Deve ficar claro para os alunos o princípio físico em que se baseia o processo de separação (maior dimensão das partículas sólidas, que ficam retidas no material filtrante) e o vasto número de aplicações desta técnica, nas mais diferentes áreas e numa perspetiva CTS-A. Alguns dos exemplos possíveis de dar são: estações de tratamento de água; hemodiálise;

máquinas de café, filtros dos automóveis e aspiradores e o processo caseiro de fabrico de queijo.

No 10º ano de escolaridade, é dado bastante ênfase a este processo de separação a nível laboratorial, sendo comum a sua realização quer por gravidade, quer por sucção. Sendo que no primeiro caso, é geralmente realizada usando papel de filtro liso e papel de filtro em pregas. A realização dos diferentes tipos de filtração pode ser aproveitada pelo professor para que os alunos possam comparar a eficiência e rapidez dos mesmos (comparação do uso do papel de filtro liso e em pregas e da filtração por gravidade e por sucção), de forma a serem os próprios alunos a tirar as suas conclusões relativamente aos diferentes processos de filtração realizados

Na filtração por sucção o professor deve assegurar-se de que os alunos perceberam quando devem abrir a torneira e de que só a podem fechar, após a retirada do funil de Buchner.

G. Centrifugação

Esta operação unitária é utilizada na separação de: **a)** sólidos em suspensão num líquido; **b)** constituintes de misturas coloidais e **c)** líquidos imiscíveis. A separação de duas fases ocorre por ação da força centrífuga a que fica sujeita a mistura quando entra em movimento de rotação, o que permite aumentar consideravelmente a força que atua sobre o centro de gravidade das partículas, facilitando a sua separação. Nos casos em que um dos componentes da mistura pode destruir o papel de filtro, ou o precipitado é difícil de filtrar, seja devido às suas características ou à pouca quantidade que se tenha, este processo representa vantagens relativamente à filtração (Pombeiro 1998; Prieto, 2005).

Tal como já foi referido anteriormente, se uma suspensão for deixada em repouso, as partículas dispersas irão depositar-se por ação da gravidade (sedimentação). Primeiro serão sedimentadas as partículas maiores e depois as menores em intervalos de tempo variáveis, o que dificulta determinar o término da operação. Através da centrifugação este tempo é acelerado, pois as pequenas partículas podem ser separadas com a aplicação da força centrífuga. Assim, quando uma suspensão de partículas é centrifugada a sedimentação das partículas é proporcional à força aplicada (Neves, L. (2007) (figura 33).

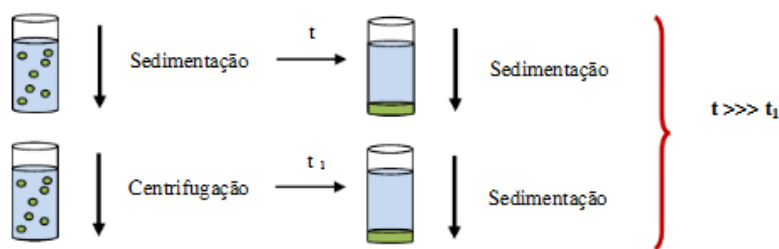


Figura 33 - Esquema de sedimentação e centrifugação de partículas (in: Neves, 2007).

Este método de separação é amplamente utilizado em laboratórios bioquímicos, clínicos, químicos e industriais, na separação de partículas de dimensões distribuídas numa vasta gama, tais como pequenas moléculas, macromoléculas (proteínas, ácidos nucleicos, etc.), componentes subcelulares (ribossomas, mitocôndria, etc.), vírus ou células. Como exemplo de uma aplicação de interesse clínico e biológico, pode citar-se a preparação de partículas celulares para o diagnóstico de várias doenças, e como exemplo de uma aplicação industrial, a distribuição de partículas segundo o seu tamanho e interesse (Pombeiro, 1998). Esta técnica tem uma vasta aplicação na indústria alimentar, como por exemplo na separação da nata do leite, obtendo-se leite desnatado e nata. A centrifugação é também muitas vezes realizada a nível doméstico, na secagem da roupa e da salada (figura 34 e)).

São vários os tipos e modelos de centrífugas existentes, desde as manuais até às mais sofisticadas. Na figura 34 apresentam-se diferentes tipos de centrífugas.



Figura 34 - Diferentes tipos de centrífugas. a) Centrífuga elétrica de bancada (laboratório): modelo usado na aula lecionada ao 7º ano. b) Centrífuga de laboratório refrigerada. c) Centrífuga manual. d) Centrífuga Industrial. e) Ultracentrífuga. f) Centrífuga para salada (in: <http://www.labosistema.pt/default.aspx?tabid=67&categoryid=24&productid=16&language=en-us>, <http://www.cortech.com.br/prod5.html> <http://www.euroferragens.com.br/loja.phtml?f=1&cprod=969> http://www.analiticaweb.com.br/produtos_detalhe.php?an=&Bid=p4af2c1fb9ef16 <http://www.guillemdefak.com/fotos/displayimage.php?album=11&pos=44>).

No caso de se pretender centrifugar apenas uma pequena quantidade de uma mistura, suficiente para ocupar um só tubo no rotor, é imprescindível utilizar um segundo tubo com idêntico volume (massa), o que se faz enchendo esse outro tubo com água ou areia. Os tubos, previamente equilibrados são colocados no rotor em posições diametralmente opostas, de forma a evitar descompensações no sistema (figura 35).



Figura 35 - Colocação dos tubos de centrífuga nos rotores de uma centrífuga.

A centrífuga só é ligada depois de fechada a tampa. Em centrífugas mais antigas, começa-se por uma rotação lenta e gradualmente aumenta-se a velocidade até ao máximo desejado, onde permanece durante um determinado intervalo de tempo, até todo o sólido se depositar no fundo do tubo de centrífuga. Em centrífugas mais modernas, o tempo de centrifugação e o número de rotações por minuto é pré-estabelecido. Terminando o período de centrifugação, a tampa da centrífuga só é aberta quando o rotor estiver completamente parado. A separação do líquido sobrenadante dos tubos de centrífuga é feita por decantação ou por aspiração cuidadosa com uma pipeta, de modo a não perturbar o sólido depositado no fundo do tubo.

No 7º ano de escolaridade, o processo de centrifugação não é por norma um dos realizados em aula pelos alunos, contudo, enquanto futura professora considero ser importante, que os mesmos observem a separação de uma mistura por centrifugação, designadamente: a) introdução da mistura a separar nos tubos de centrífuga, b) posterior colocação dos tubos nos rotores, c) colocação da centrífuga em funcionamento e d) remoção dos componentes já separados. As misturas água e cinza ou água e pó de giz foram usadas com sucesso na demonstração deste processo de separação de misturas. A centrifugação de leite gordo, que perspectivava a separação da nata do leite, ficando esta última à superfície, não se revelou eficiente, pensa-se que talvez devido ao tipo de centrífuga utilizada (baixa força centrífuga).

Mais uma vez, considero ser importante referir aos alunos o princípio físico em que se baseia este processo (deposição das partículas com maior densidade com o auxílio da força centrífuga) e a apresentação do vasto número de aplicações deste processo, a maioria de extrema importância na área da saúde.

No 10º ano de escolaridade, este processo é referido pelo professor aos alunos, mas apenas realizado pelos mesmos no caso de lhes ser atribuída para separar em laboratório, uma mistura cuja separação envolva este processo, o que não é tão frequente como acontece com outras técnicas já referidas.

3.2.4. Processos físicos de separação dos componentes de uma mistura heterogénea líquido - líquido

Nesta secção procede-se a descrição do único processo de separação aplicado a misturas heterogéneas em que apenas existem componentes no estado líquido: decantação líquido-líquido ou extração (figura 36).

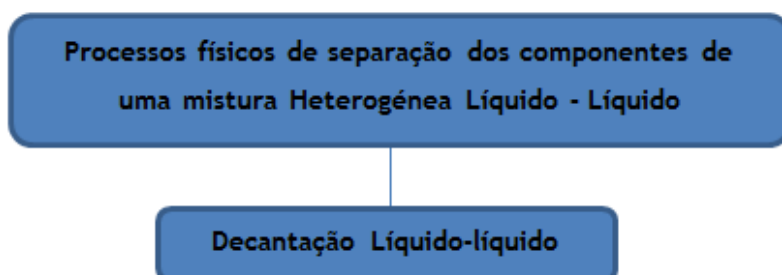


Figura 36 - Processos físicos de separação dos componentes de uma mistura heterogénea líquido - líquido.

H. Decantação Líquido - Líquido

Esta técnica permite a separação de dois ou mais líquidos imiscíveis e por vezes é também designada de decantação em funil. A mistura é colocada num funil de decantação, de modo que se formem fases na mistura. Um exemplo comum em que pode ser utilizado este tipo de separação é a mistura água / azeite ou água/óleo (figura 37 a)). Ao funil de decantação pode também ser chamado pêra de decantação ou âmpola de decantação, podendo existir os mesmos em diversos tamanhos e com formatos ligeiramente diferentes (figura 37 b)).



Figura 37 - a) procedimento de decantação líquido-líquido. b) pêras/âmpolas de decantação com diferentes formatos (in: Simões, 1999).

No que diz respeito ao procedimento, começa-se por colocar a mistura líquida na ampola, agita-se vigorosamente e em seguida deixa-se repousar durante algum tempo para permitir a separação das duas fases por diferença de densidades. Após retirar a tampa da âmpola, abre-se a torneira, recuperando a fase mais densa. Depois volta-se a fechar a torneira e num outro copo recolhe-se a camada que estava na parte superior, ficam assim as duas fases separadas (Menezes, 1996 e simões, 1999).

Para uma separação eficiente, e no caso de se pretender a obtenção de apenas um dos componentes da mistura, deve proceder-se do seguinte modo: a) no caso de se pretender separar o líquido mais denso deve fechar-se a torneira antes que este seja completamente removido; b) caso se pretenda isolar o líquido menos denso, remove-se um pouco deste líquido conjuntamente com o mais denso antes de fechar a torneira, e só depois se recolhe o mesmo (Dantas, 2009). Deste modo evita-se o arrastamento do líquido da outra fase, já que na interface de separação ambos estão em contacto.

Este processo de separação é frequentemente demonstrado aos alunos do 7º ano de escolaridade in loco, utilizando a mistura óleo e água. Também neste caso, mais uma vez saliento a importância de referir aos discentes não só o princípio físico inerente a este processo (imiscibilidade e densidade), como a sua aplicação, designadamente no campo das análises clínicas e químicas.

Neste processo é frequente os alunos abrirem a torneira, sem retirar a tampa da âmpola e ficarem espantados pelo facto do líquido não sair. É uma boa oportunidade para o professor questionar os alunos sobre o motivo do sucedido e abordar o conceito de pressão atmosférica, referindo exemplos do quotidiano em que surgem situações idênticas (ampolas de medicamentos bebíveis, por exemplo).

No 10º ano de escolaridade, este processo de separação é vulgarmente realizado pelos alunos nas aulas práticas. Contudo, surge em alguns manuais adotados para este ano letivo, o termo extração para designar este processo. Não concordo com esta designação, já que a única semelhança entre este processo de separação e uma extração líquido-líquido, é o facto do mesmo também ser realizado numa âmpola de decantação. Em química, um processo de extração envolve sempre o emprego de um solvente adequado para extrair um dos componentes da mistura, o que não acontece neste caso. Além disso, o termo extração surge já anteriormente aos alunos no estudo dos processos de separação adequados para misturas heterogéneas sólidas, o que pode causar alguma “confusão” aos mesmos. Assim, sugiro apenas a designação de decantação líquido-líquido para este processo de separação.

3.2.5. Processos físicos de separação dos componentes de uma mistura homogénea

Nesta secção procede-se à descrição de processos de separação aplicados a misturas homogéneas e que constam do diagrama seguinte (figura 38).

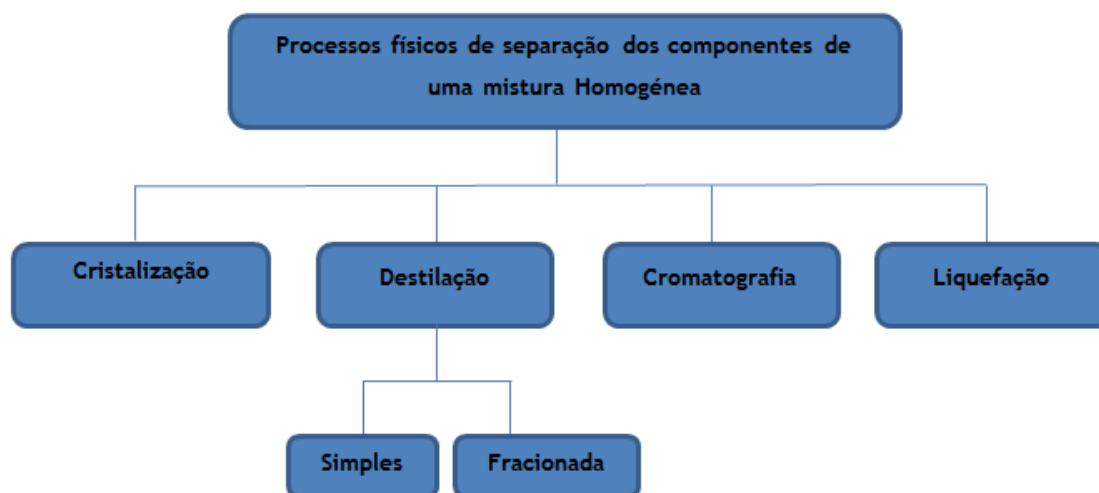


Figura 38 - Processos físicos de separação dos componentes de uma mistura homogénea.

I. Cristalização

A cristalização constitui um processo clássico de separação e de purificação, em que um componente de uma fase líquida é separado dos restantes, por formação de uma fase sólida cristalina. Engloba todos os métodos físicos e químicos de produção de cristais e é talvez a mais antiga das operações unitárias de purificação de substâncias.

Existem processos químicos de cristalização envolvendo reações de oxidação-redução, reações de dupla permuta iónica, reações de adição e outras que não irão ser abordados, dado que nas aulas só se pretende explorar processos físicos. Também não vão ser desenvolvidos processos que incluem precipitação, já que a separação é atingida por adição de um agente precipitante, tratando-se de um processo químico. Pombeiro (1998) e Prieto (1995) defendem que na maioria dos casos de purificação de substâncias através desta técnica, estamos perante um processo de recristalização e não de cristalização, já que os corpos sólidos já se apresentam inicialmente no estado cristalino, sendo dissolvidos num dado solvente e posteriormente devolvidos ao seu estado cristalino. Assim a cristalização será tratada como consistindo num processo físico resultante, por exemplo, do arrefecimento da solução ou da evaporação do solvente. As etapas para a cristalização, por via húmida, são: remoção do solvente(s); evaporação do(s) solvente(s) e solidificação do(s) solvente(s).

A aplicação desta técnica como processo de separação de substâncias é muito antiga, muito frequente na obtenção de cloreto de sódio a partir de água do mar e também no fabrico de pigmentos. Nas últimas décadas, a cristalização industrial surge no fabrico de: a) sacarose; b) sulfato de sódio e amónia, para a produção de fertilizantes; c) carbonato de cálcio, nas indústrias de pasta de papel, cerâmica e de plásticos e d) ácido bórico e outros compostos nas indústrias de inseticidas e farmacêutica (<http://labvirtual.eq.uc.pt>).

Durante o processo de cristalização são criadas as condições termodinâmicas que levam as moléculas a aproximarem-se e a agruparem-se em estruturas altamente organizadas, os cristais. Por vezes, as condições em que se realiza, não permitem obter cristais 100% puros verificando-se a existência, nos cristais, de inclusões (impurezas) de moléculas que também têm grande afinidade com o soluto. O processo de cristalização ocorre em duas etapas, a primeira consiste na formação do cristal e recebe o nome de nucleação e a segunda corresponde ao crescimento dos cristais. O crescimento de cristais depende de fatores termodinâmicos (solubilidade), mas também cinéticos (nucleação e crescimento) (Mersmann, 2001).

Alguns autores defendem que o processo de nucleação pode ocorrer sob a forma de nucleação primária ou secundária. O início do processo de nucleação exige a existência de sobresaturação na mistura líquida, ou seja, a existência de uma concentração de soluto na

solução, superior à concentração de saturação (limite de solubilidade). Contudo, para que os cristais se comecem a formar é ainda necessário que ocorra agitação ou circulação da mistura líquida, a qual provoca a aproximação e choque entre as moléculas, ocorrendo transferência de quantidade de movimento. Esta nucleação denomina-se de nucleação primária, podendo as próprias superfícies sólidas do cristalizador ser agentes de nucleação. Uma vez formados os primeiros cristais, pequenos fragmentos dos mesmos, podem transformar-se também em novos núcleos, processo que adquire a designação de nucleação secundária (Pombeiro, 1998; Mersmann, 2001).

Já outros autores defendem a “teoria” da nucleação homogénea. Durante o processo de nucleação, gera-se uma situação de instabilidade termodinâmica, em que o grau de saturação é maior que zero e se verifica subarrefecimento e abaixamento de pressão. Formam-se pares iónicos ou associações de 3-4 monómeros e em seguida agregados que se dissolvem e refazem a cada instante, podendo coalescer. Ao mesmo tempo vão mudando de estrutura até minimizarem a sua energia de superfície e quando atingem um tamanho mínimo crítico (1-10 nm, ~1000 moléculas) passam a persistir na solução. A partir daí estes núcleos submicroscópicos crescem, e começa-se a formar a rede cristalina (Teixeira, 1999).

Existem ainda autores que defendem que a nucleação homogénea é rara, sendo a nucleação heterogénea muito mais comum, esta induzida pela presença de impurezas dissolvidas (Giulietti, 2010).

Uma vez formado o núcleo, o cristal começa a crescer, sendo este crescimento favorecido pela presença de defeitos na rede cristalina em construção. O crescimento é controlado por fenómenos de transferência de massa (soluto através da solução e para dentro da rede; solvente para fora desta) e de calor, este último resultante, por exemplo, da passagem para o estado sólido. A formação e o crescimento dos cristais terminam quando a solução deixar de estar sobressaturada. O núcleo e o tamanho dos cristais formados dependem fundamentalmente da sobressaturação atingida que pode ser medida pelo chamado grau de saturação (G.S.) que se define do seguinte modo:

$$G.S. = \frac{S' - S}{S} \quad (5)$$

Sendo S' a concentração do soluto a cristalizar e S a sua solubilidade.

A velocidade de nucleação aumenta ligeiramente com o grau de saturação para valores ligeiramente maiores do que zero, enquanto para valores de grau de sobressaturação apreciavelmente maiores (situação muito instável do ponto de vista termodinâmico), a velocidade de nucleação aumenta rapidamente. Neste caso formam-se muitos núcleos simultaneamente e o produto final é formado por cristais muito pequenos. Por outro lado, a

velocidade de crescimento dos núcleos é proporcional ao grau de saturação (Equação de Van Weimarn (6))

$$V_c = K (G.S.) \quad (6)$$

Na figura 39 apresenta-se a representação gráfica das velocidades de nucleação (V_n) e de crescimento (V_c) de um cristal em função do tempo. Como é possível observar, para valores suficientemente baixos do grau de saturação, $V_c > V_n$ e a tendência para o crescimento dos núcleos já formados é superior à tendência para a formação de novos núcleos, enquanto para valores mais elevados do grau de saturação, a tendência para a formação de novos núcleos é superior à tendência para crescimento dos núcleos já formados ($V_n > V_c$). Assim, graus de saturação baixos conduzem à formação de um menor número de cristais mas mais desenvolvidos, isto é, de maiores dimensões, enquanto graus de saturação mais elevados levam à formação de uma maior número de cristais, mas de tamanho inferior (Pombeiro, 1998; Teixeira, 1999).

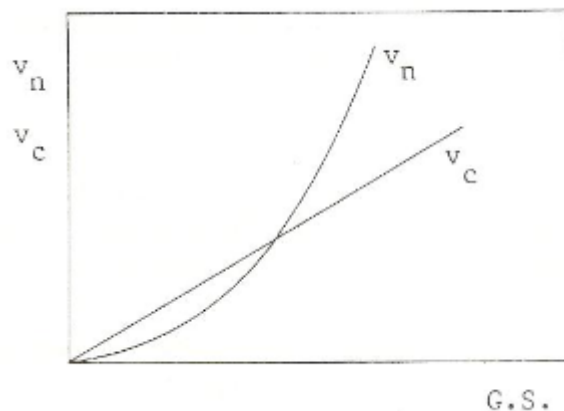


Figura 39 - Velocidade de nucleação (V_n) e de crescimento (V_c) de um cristal em função do grau de saturação (In: Pombeiro, 1998).

Também a velocidade de agitação ou circulação no cristalizador e a temperatura, são parâmetros que condicionam a velocidade de crescimento dos cristais e as suas características finais.

Os processos de cristalização diferem consoante a maior ou menor rapidez que se pretende no processo, assim como nas diferentes formas de se atingir a sobressaturação. A figura 40 permite verificar a relação entre o tempo necessário à formação de cristais e o grau de saturação, sendo evidente a diminuição do tempo necessário à formação de um cristal com o grau de saturação, o que seria previsível, já que tanto a velocidade de nucleação como a de crescimento, diminuem com uma diminuição do grau de saturação. Desta forma, cristalizações lentas conduzem à formação de cristais de maiores dimensões, mas em menor número do que os obtidos por cristalizações rápidas.

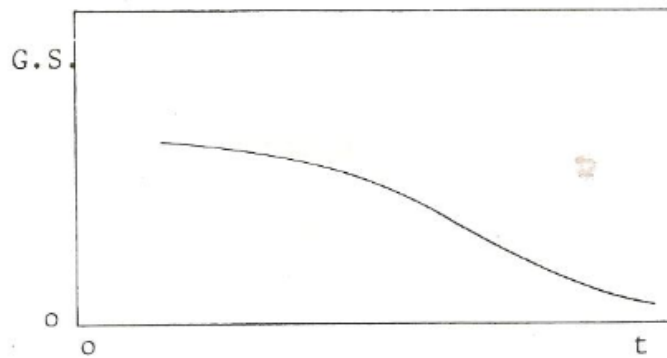


Figura 40 - Relação entre o grau de saturação (GS) e o tempo t necessário à formação de cristais visíveis (in: Pombeiro, 1998).

Uma cristalização lenta pode ser conseguida com a evaporação lenta do solvente, ou um arrefecimento lento até uma temperatura pouco inferior à correspondente saturação. No caso de se adicionar um agente precipitante, a adição do mesmo também deve ser lenta, agitando simultaneamente, de modo a evitar graus de sobressaturação elevados em quaisquer pontos da solução. Quando se pretende formar cristais com relativa facilidade e rapidez, a ocorrência deste processo, pode ser facilitada friccionando o cristalizador com uma vareta de vidro para criar núcleos de cristalização, ou no caso de a substância ser conhecida, adicionando um pequeno cristal à solução. No caso de a substância ser desconhecida, podem ser utilizados os cristais obtidos por evaporação de uma camada muito fina da solução, a baixa temperatura. O arrefecimento da solução numa mistura frigorífica ou a sua manutenção num frigorífico por períodos prolongados são alternativas que podem ajudar a cristalizar uma substância mais difícil. Contudo, cristalizações rápidas, originam geralmente cristais com mais impurezas do que os obtidos por cristalizações lentas, recorrendo-se geralmente às primeiras sempre que o tempo é mais importante do que a pureza (Pombeiro, 1998; Mersmann, 2001).

De acordo com Teixeira (1999), o crescimento em solução aquosa de cristais de maiores dimensões pode ser estimulado através de nucleação heterogénea, usando suportes rugosos, como minerais, rochas ou conchas. A utilização da rocha ou concha como suporte de cristalização permite diminuir o grau de sobressaturação ou subarrefecimento críticos, tornando o crescimento dos cristais mais simples e rápido. A rugosidade propicia pontos de apoio para o crescimento dos núcleos, podendo ainda estabelecer-se interações atrativas que irão competir com as do solvente, diminuindo a solubilidade, e facilitando a cristalização (figura 41).



Figura 41 - a) ferrocianeto de potássio tri-hidratado em rocha. b) sulfato de cobre pentahidratado em búzio (In: <http://web.ist.utl.pt/clementina/>).

A sobressaturação de uma solução num constituinte pode ser conseguida quer por diminuição da sua solubilidade, quer por aumento da sua concentração até um valor superior à solubilidade. A diminuição da solubilidade pode ser alcançada por: **a)** arrefecimento, **b)** uso de solventes mistos (nos quais o composto a cristalizar seja muito pouco solúvel), **c)** efeito do ião comum (em que a concentração do ião não comum permanece constante e a do ião comum aumenta) e **d)** por redução de reações laterais (em que o ião do eletrólito intervém em reações com outras espécies presentes em solução, além de reações de precipitação. Neste último caso, a solubilidade é diminuída através do controlo das reações laterais. A concentração de um composto numa solução é geralmente aumentada por remoção de solvente, a qual é realizada através da evaporação deste por aquecimento e/ou por vácuo. Quando a concentração exceder a solubilidade à temperatura de trabalho, a solução estará sobressaturada e a cristalização iniciar-se-á (Pombeiro, 1998).

Uma das características do processo de cristalização é a de que o mesmo composto pode dar origem a formas cristalinas diferentes (polimorfismo) dependendo das condições de operação. É o caso, por exemplo, da produção do carbonato de cálcio, por cristalização, o qual pode ser fabricado em diferentes formas cristalinas.

Como já foi referido, a cristalização é também uma operação importante utilizada para purificar sólidos por remoção de impurezas com base na diferente solubilidade do produto que se pretende obter puro, denominado o processo, nestes casos, por recristalização. O método consiste em: **a)** dissolver o sólido num solvente quente; **b)** Filtrar a solução quente para remover as impurezas insolúveis; **c)** arrefecer o filtrado até cristalização completa, **d)** separar os cristais das águas-mães de cristalização por filtração a pressão reduzida, **e)** lavar e secar os cristais.

A escolha do solvente é uma etapa fundamental neste processo, contudo, por vezes é algo complexa. Se a substância a recrystalizar for conhecida, existe bibliografia adequada que recomenda o uso de determinados solventes, apesar de a sua eficácia variar com a natureza das impurezas presentes. Se a substância a recrystalizar não for conhecida, a escolha do solvente é feita por tentativas, de acordo com algumas características a que o solvente deve obedecer, como ausência de toxicidade, baixo ponto de fusão, ou variação acentuada da solubilidade da amostra com a temperatura, entre outros (Prieto, 1995, Menezes, 1996, Pombeiro, 1998, Simões, 1999).

Este processo de separação é habitualmente realizado ao nível do ensino básico, pelo professor ou mesmo pelos alunos, já que na maioria das vezes a mistura cujos componentes se pretendem separar é deixada num cristalizador junto a uma janela onde incida a luz solar, de forma a que, nas próximas aulas os alunos possam observar os cristais obtidos. O professor deve alertar os alunos para o facto de neste processo de separação apenas se recuperar o componente sólido, não sendo possível a recuperação do componente líquido, salientando que quando se pretender a recuperação dos dois componentes da mistura, este processo não será adequado, tendo -se que recorrer a outra técnica de separação, designadamente à destilação.

Em alguns manuais do 7º ano de escolaridade, surge além da cristalização, a evaporação do solvente como outro processo físico de separação dos componentes de uma mistura. Segundo os autores “usado para obter o sólido que se encontra dissolvido num líquido”, enquanto a cristalização é “usada para recuperar os cristais de um sólido que se encontra dissolvido num líquido”. Contudo, os exemplos dados nos dois casos são a mistura sal de cozinha + água. À primeira vista, o que parece é que enquanto na cristalização obtemos o sólido sob a forma de cristais, na evaporação por solvente tal não acontece. Mas o exemplo dado é o mesmo, o que nos volta a deixar confusos.... Sendo a obtenção do cloreto de sódio a partir das salinas, dado aqui como exemplo de cristalização, enquanto a mistura cloreto de sódio + água, que surge num copo de precipitação é dada como exemplo de evaporação do solvente, tal não irá “sugerir” aos alunos que quando o processo se executa em laboratório ou em casa, se trata de uma evaporação do solvente e que quando ocorre numa salina se designa por cristalização?!

Na minha perspetiva, considero mais lógico referir aos alunos que sempre que há formação de cristais do componente sólido da mistura, existe a denominação de cristalização, processo durante o qual ocorre evaporação do componente que se encontra no estado líquido. Podendo referir que aspetos como a área do recipiente onde ocorre a cristalização ou a temperatura e conseqüente rapidez com que se desenvolve o processo, irão influenciar a qualidade e o tamanho dos cristais, tal como vimos mais atrás na sustentação teórica. Um exemplo é a diferença de processos usado nas salinas consoante se pretende obter “sal” grosso ou refinado. Assim, se a salmoura servir de base para a produção de sal refinado, é

retirada dos quadros de cristalização um pouco antes da formação dos cristais, passando por filtros para eliminar impurezas. Posteriormente é bombeada para aquecedores, onde a mistura atinge 120°C e continua a evaporar em câmaras a vácuo. Nestes aparelhos, a salmoura é submetida a uma pressão controlada para gerar cristais minúsculos, bem menores que os do sal grosso.

Salientar outras aplicações da cristalização, além das salinas, é também fundamental, podendo a purificação de sólidos (principalmente na indústria farmacêutica, onde é necessário um elevado grau de pureza das substâncias) e a obtenção do açúcar cristalizado a partir do açúcar da cana, ser dados como exemplos.

No 7º ano de escolaridade será ainda interessante realçar a importância deste processo numa perspectiva de interdisciplinaridade com história: como muita gente sabe, a palavra salário deriva do latim Salarium e a estrada através da qual se transportava o sal utilizado na antiguidade para o pagamento de ordenados era a Via Salária - uma espécie de autoestrada da época.

A cristalização é ainda um ótimo conteúdo para a motivação do estudo das soluções, podendo o professor sugerir uma atividade extra-curricular onde os alunos produzissem cristais de cores diferentes, abordando os conceitos associados à concentração de soluções

No 10º ano de escolaridade, este processo de separação não têm grande ênfase nos manuais, em alguns, não surge mesmo referido, já que ao nível das misturas homogêneas líquidas, o programa sugere a abordagem da destilação simples e fracionada. Contudo, há professores que sugerem a cristalização para a separação de misturas homogêneas no estado líquido.

J. Destilação

A destilação é um método clássico que permite separar: **a)** uma substância volátil de uma substância não volátil, ou menos volátil ou **b)** constituintes de uma mistura de líquidos com pontos de ebulição diferentes. Neste processo há contacto entre uma fase líquida e outra de vapor, havendo transferência simultânea da massa entre ambas as fases (da gasosa para a líquida por condensação, e da líquida para a de vapor por vaporização), e também de energia por calor, resultando um aumento da concentração do componente mais volátil, na fase de vapor e um aumento da concentração do componente menos volátil na fase líquida (Prieto, 1995; Menezes, 1996; Pombeiro, 1998).

A aplicação deste processo é muito vasta, não só em laboratório, mas também na indústria, tanto na separação dos constituintes de misturas líquidas, como na purificação de substâncias. Em laboratório pode ser utilizada para remover: **a)** impurezas de produtos provenientes de reagentes que não se gastaram, **b)** produtos de reações laterais ou **c)** o

solvente de uma solução. Já a nível industrial é vulgarmente utilizada para separar os diferentes componentes que constituem o petróleo bruto ou o ar líquido (azoto e oxigénio), no fabrico e enriquecimento do teor em álcool de bebidas (whisky, gin, rum e aguardente) ou na obtenção de matérias-primas, como é o caso do ácido abiético (obtido por destilação a partir da resina de pinheiro), uma matéria-prima renovável utilizada no fabrico de tintas e vernizes. A destilação pode também ser utilizada na purificação de água, dado que as suas principais impurezas são sólidos não voláteis (Menezes, 1996, Neves, 1997).

A fim de compreender o processo de destilação, importa primeiramente perceber como se processam microscopicamente os fenómenos de vaporização e condensação, assim como se estabelece o equilíbrio líquido - vapor.

1. Considerações gerais

Num líquido as moléculas estão continuamente em movimento, sendo a energia de atração entre as mesmas, superior à sua energia cinética. Contudo, as moléculas deste agregado não possuem todas a mesma energia cinética, algumas, possuem energia cinética suficiente para, ao atingirem a superfície do líquido, quebrar as ligações que as unem às restantes moléculas, abandonando a fase líquida e vaporizando-se.

Se o líquido estiver dentro de um recipiente fechado, as moléculas gasosas chocam não só com as paredes deste mas também com a superfície líquida, ficando sujeitas às forças atrativas das moléculas desta superfície, pelo que regressam ao estado líquido. Neste caso, ocorre a condensação. Assim, têm lugar dois processos opostos e simultâneos: a vaporização e a condensação. À medida que a vaporização ocorre, o número de moléculas no estado gasoso aumenta, havendo um aumento de pressão do gás e um aumento da velocidade de condensação, aumentando o número de choques das moléculas gasosas, não só com as paredes do recipiente, mas também com a superfície líquida. Desde que exista líquido em quantidade suficiente, será atingida uma situação de equilíbrio dinâmico na qual a velocidade de condensação iguala a velocidade de vaporização. À pressão exercida pelo vapor quando este está em equilíbrio dinâmico com o líquido, chama-se pressão de vapor de equilíbrio, ou apenas pressão de vapor, sendo esta exercida em oposição à pressão que se encontra acima da solução, que no caso de contactar com a atmosfera é a pressão atmosférica (Neves, 1997, Pombeiro, 1983, Erie, 2007) (figura 42).

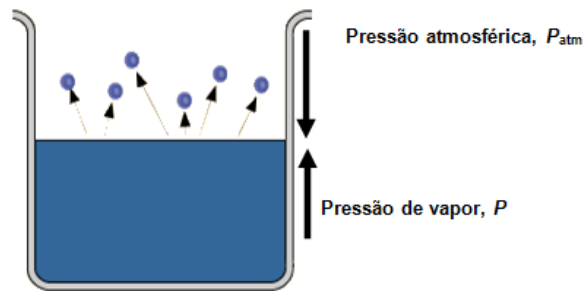


Figura 42 - Pressão atmosférica e pressão de vapor numa situação de equilíbrio dinâmico (adaptado de Erie, 2007).

A qualquer temperatura podem escapar-se moléculas da superfície de um líquido e entrar na fase gasosa como vapor, ocorrendo evaporação. À temperatura a que a pressão de vapor iguala a pressão atmosférica, ocorre um outro fenómeno, a ebulição, podendo formar-se bolhas de vapor em qualquer ponto do líquido. Para que ocorra ebulição é necessário fornecer à mistura energia suficiente para que a pressão de vapor se torne igual à pressão exercida sobre a superfície líquida. No caso da pressão externa aplicada ao líquido ser a pressão atmosférica normal (1 atm), o correspondente ponto de ebulição diz-se normal.

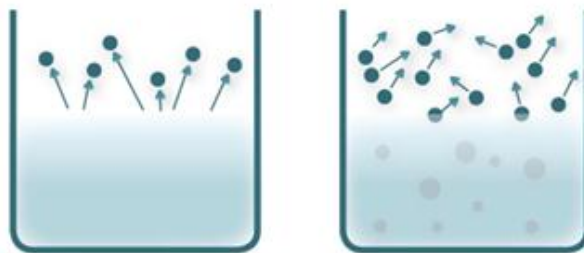


Figura 43 - Fenómenos de: a) evaporação e de b) ebulição. Em a) as bolhas de vapor não se formam no seio do líquido porque a pressão de vapor é menor do que a pressão atmosférica ($P < P_{atm}$). Em b) as bolhas de vapor formam-se no seio do líquido e sobem, sendo neste caso a pressão de vapor igual ou superior à pressão atmosférica ($p \geq P_{atm}$) (adaptado de Eric, 2007).

A energia fornecida ao líquido, por calor, vai promover a agitação das moléculas (aumento da energia cinética) e o conseqüente aumento de temperatura, sendo que a determinada altura, a energia fornecida deixa de ser utilizada para a agitação e passa a ser usada para quebrar as ligações intermoleculares. Assim, atingido o ponto de ebulição, a energia é utilizada na vaporização do líquido e a temperatura não se elevará, embora a velocidade de vaporização dependa da entalpia de vaporização (quantidade de energia necessária para vaporizar uma mole de líquido à pressão considerada) e aumente com a taxa a que é fornecida a energia (Neves, 1997, Erie, 2007).

A temperatura de ebulição de um líquido depende da pressão exterior que é exercida sobre ele, assim, variando a pressão externa exercida sobre a superfície do líquido, são alteradas as temperaturas a que o líquido entra em ebulição.

A pressão de vapor, característica da substância a uma dada temperatura, depende desta última, aumentando com ela, pois a energia cinética de translação é diretamente proporcional à temperatura absoluta, pelo que um aumento desta leva a uma aumento da velocidade de vaporização e conseqüentemente a um aumento da pressão de vapor. A relação entre a pressão de vapor e a temperatura pode ser representada graficamente segundo uma curva designada por curva de pressão de vapor ou de vaporização (figura 44).

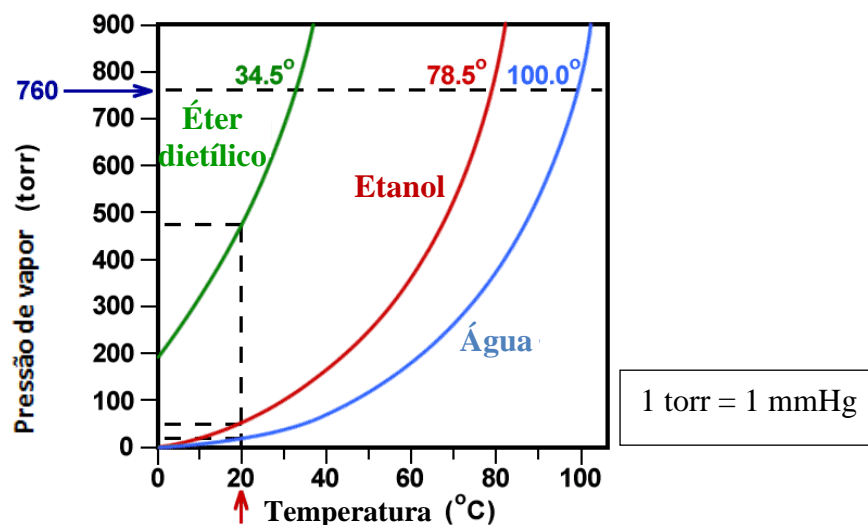


Figura 44 - Curvas de pressão de vapor ou de vaporização para três substâncias diferentes: a) éter dietílico, b) etanol, c) água (adaptado de Erie, 2007).

Observando as curvas de vaporização do éter dietílico, do etanol e da água, é possível verificar que para uma dada temperatura, o éter dietílico possui um valor de pressão de vapor superior ao exibido pelo etanol ou pela água, sendo por isso o mais volátil destes líquidos.

A pressão de vapor de um líquido pode ser relacionada com a temperatura através da equação de Clausius-Clapeyron (anexo I), válida apenas para o equilíbrio líquido-vapor de uma substância pura. No caso de sistemas com mais de um componente, a composição das fases em equilíbrio é dada por outras leis, como a lei de Raoult e a lei de Dalton. Estas duas leis estão na base da utilização da destilação como técnica de separação e purificação de líquidos e ilustram a forma como cada pressão de vapor dos componentes de uma mistura está relacionada com a sua fração molar na interface das fases líquida e de vapor (anexo I).

As composições do destilado e do resíduo ao longo de uma destilação podem ser representadas por um diagrama de fases, temperatura em função da composição para uma

pressão P constante (geralmente $P = 1$ atm). Assim, uma solução ideal de dois componentes A e B, em que A o mais volátil, pode ser representada pelo diagrama de fases da figura 45 a). No caso de soluções não ideais, o diagrama de temperatura-composição sofre alterações em relação ao anteriormente referido, podendo ser do tipo b) ou do tipo c) (figura 45 b) e c)).

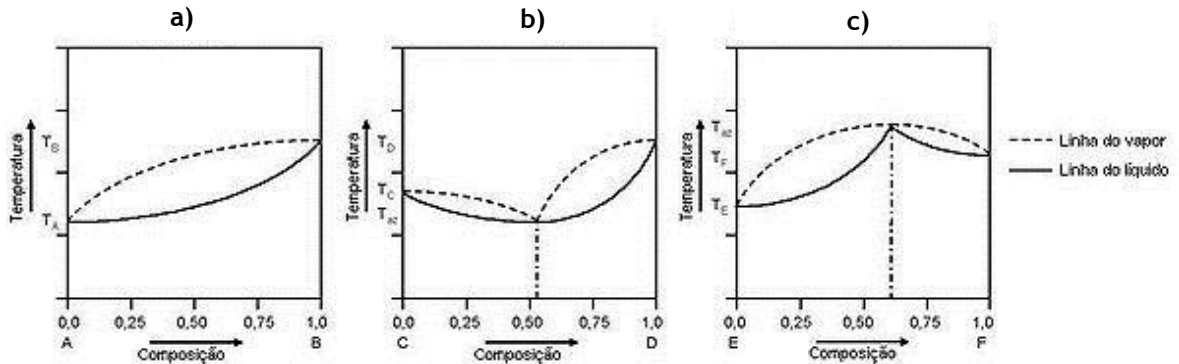


Figura 45 - Composição do destilado e do resíduo ao longo de uma destilação para uma: a) mistura ideal, b) mistura com azeótropo de mínimo e c) mistura com azeótropo de máximo (adaptado de Neves,1997).

As misturas a) e b) comportam-se como misturas azeotrópicas ou azeótropos (do grego, ferver sem variação), os quais apresentam um ponto de ebulição fixo tal como um líquido puro, sendo igual a composição das duas fases, a líquida e a de vapor, em equilíbrio. Os azeótropos têm pontos de ebulição inferiores (azeótropo com mínimo, figura 45 b)) ou superiores (azeótropo com máximo, figura 45 b)) aos dos componentes puros e não compreendidos entre eles.

A existência de azeótropos constitui um inconveniente na separação dos dois componentes de uma solução por destilação, já que o destilado apresenta a mesma composição do líquido inicial. Na tabela 1 apresentam-se alguns azeótropos com mínimos e com máximos. Os azeótropos com mínimos são bastantes mais frequentes do que os azeótropos com máximos, sendo aqueles formados quando as forças atrativas (em especial ligações por pontes de hidrogénio) entre moléculas diferentes (das espécies consideradas) são menores do que as que envolvem moléculas iguais. Quando a relação entre as forças intermoleculares referidas for oposta, formam-se azeótropos com máximo.

Tabela 1- Alguns azeótropos com mínimos e com máximos (adaptado de Neves, 1997).

| | Componente A (p.e./°C) | Componente B (p.e./°C) | P ^{to} de ebulição da mistura azeotrópica (°C) | % de A (em peso) na mistura |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---|--------------------------------|
| Azeótropos com mínimo | Água (100) | Etanol (78,3) | 78,2 | 4,4 |
| | Benzeno (80,2) | Etanol (78,3) | 68,3 | 67,6 |
| | Metanol (64,7) | Clorofórmio (61,2) | 53,5 | 12,5 |
| Azeótropos com máximo | Água (100) | Ácido clorídrico (-84,0) | 108,6 | 20,2 |
| | Acetona (56,4) | Clorofórmio (61,2) | 64,7 | 80 |
| | Clorofórmio (61,2) | Acetato de metilo (57,0) | 64,8 | 23 |

Existem diferentes tipos de destilação, vulgarmente utilizados de acordo com as características da mistura cujos componentes se pretendem separar. Os mais conhecidos, e também os abordados ao nível dos 7º e 10º anos de escolaridade são: **a)** destilação simples e **b)** destilação fracionada. Contudo, existem muitos outros tipos de destilação, alguns exemplos são: **c)** a destilação a pressão reduzida, **d)** a destilação por arrastamento de vapor e **e)** destilação azeotrópica. Todavia, qualquer tipo de destilação comporta, genericamente, três etapas fundamentais: **1)** vaporização das substâncias voláteis, **2)** condensação dos vapores formados e **3)** arrefecimento do destilado.

Numa destilação é importante que o líquido destile a um ritmo (taxa) constante, o que se consegue controlando o aquecimento de modo a manter o bolbo do termómetro envolvido numa atmosfera de vapor. O aquecimento insuficiente ou irregular conduz à interrupção temporária da destilação, permitindo o arrefecimento do bolbo do termómetro, o qual acusará assim uma temperatura inferior à do ponto de ebulição real. A destilação deve pois ser conduzida lentamente, de modo a que se possa observar durante a operação uma gota pendente no reservatório do termómetro, o qual deve estar sempre banhado numa atmosfera de vapor. Nestas condições, líquido e vapor estarão em equilíbrio e a temperatura registada corresponderá ao ponto de ebulição real. Com aquecimento excessivo, a gota pendente desaparecerá, o equilíbrio líquido-vapor será alterado e a temperatura ultrapassará o ponto de ebulição. O início da destilação é indicado pelo aparecimento da primeira gota caindo da cabeça de destilação para o condensador e a temperatura correspondente é tomada como o ponto de ebulição inicial. É útil construir uma curva temperatura de ebulição - volume de destilado. Esta curva permitirá determinar em que proporção existem as impurezas e o intervalo de temperaturas a que destilam os componentes de ponto de ebulição constante.

Durante o processo de destilação, quando a pressão do vapor do componente a destilar ultrapassa a pressão total aplicada, isto é, a pressão que se exerce à superfície do líquido adicionada da pressão hidrostática, o vapor é libertado do líquido sob a forma de múltiplas

bolhas que vão aumentando de volume com o aumento da temperatura. Nesta altura, o líquido entra em ebulição e a agitação que resulta introduz novas bolhas de ar no líquido, as quais continuarão a aumentar com o vapor que lhes é fornecido, e o processo continua. Porém, quando as paredes do vaso contentor estão limpas e lisas, as bolhas de vapor, desprovidas de núcleos de formação, formam-se com grandes dificuldades e a temperatura do líquido pode subir muito acima do ponto de ebulição. O líquido diz-se então, sobreaquecido. Quando nestas condições se forma uma bolha de vapor, a pressão de vapor é muito superior à soma das pressões externa e hidrostática, o líquido não ferve com regularidade e a bolha formada aumenta rapidamente de volume e liberta-se explosivamente. A fim de evitar os acidentes resultantes desta ebulição irregular e violenta, devem adicionar-se ao líquido, antes de iniciar o aquecimento, regularizadores que no fundo não são mais do que superfícies irregulares fornecedoras de bolhas de ar (pedaços de porcelana porosa, pedra pomes ou esferas de vidro).

Aquando da montagem do equipamento para a realização de uma destilação, devem sempre observar-se as seguintes condições/tomar as seguintes precauções:

- a) O balão de destilação deve ser de fundo redondo ou de forma de pêra, mas nunca cónico ou com base plana, e de dimensão tal que fique cheio até 1/3 ou 2/3 no início da destilação;
- b) A ebulição deve ser lenta e regular. Esta regulação pode fazer-se pela adição de alguns pedaços de material poroso (pedra-pomes ou porcelana) ou de pequenas esferas de vidro (figura 46);
- c) A fonte de aquecimento deve ser escolhida de acordo com as características do líquido a destilar. Assim, se este for inflamável deve-se usar um aquecimento indireto (manta de aquecimento ou banho de água).
- d) O sistema não pode ser montado hermeticamente. É fundamental que o interior do sistema comunique com o exterior. Este pormenor é por vezes esquecido, sobretudo quando se trabalha com material esmerilado.
- e) As montagens executadas com material de vidro esmerilado não possuem flexibilidade, pelo que a junção das diferentes peças se deve fazer com cuidado e não deve ser forçada qualquer posição.
- f) O termómetro deve ser colocado de forma a que a temperatura seja detetada junto à saída do vapor para o condensador, de forma a controlar corretamente o ponto de ebulição da substância (figura 46).

- g) Deve-se verificar o sentido de circulação da água no condensador, que deve ser contrário ao sentido de circulação do destilado (figura 46).
- h) O condensador deve estar inclinado, de forma a evitar que o vapor condensado entre de novo no balão de destilação (figura 46).
- i) A montagem para a realização da mesma deve localizar-se próximo de uma torneira e de um lavatório, para se poder utilizar água corrente na refrigeração do vapor formado.
- j) Uma vez que se utiliza uma fonte de aquecimento, devem respeitar-se as regras de segurança correspondentes aos equipamentos elétricos ou chama.
- k) Nunca se deve deixar que o balão de destilação atinja totalmente a secura.
- l) Deve ser verificado o ajuste de todos os esmerilados das ligações da montagem experimental.

2. Destilação simples

Este tipo de destilação é vulgarmente utilizada na separação de um componente não volátil de um componente volátil ou de componentes líquidos com ponto de ebulição bastante diferente. A separação da mistura é conseguida submetendo o líquido à ebulição e recolhendo os seus vapores, os quais, após condensação, dão origem a um líquido - o condensado - que é recolhido. O líquido recolhido será mais rico no componente que apresenta menor ponto de ebulição (ou seja o mais volátil), podendo o vapor conter uma certa quantidade dos restantes componentes da mistura. Nestes casos o líquido recolhido pode ser novamente destilado, obtendo-se nesse caso um líquido mais enriquecido no componente mais volátil.

Utiliza-se um condensador a água (líquidos a destilar com p.e. < 140 °C) ou um condensador a ar (líquidos a destilar com p.e. > 140°C) de modo a evitar que o condensador se parta devido às temperaturas elevadas.

A destilação simples é eficiente na separação de substâncias que diferem mais de 80°C nos seus pontos de ebulição. Quando uma substância pura é destilada a pressão constante, a temperatura do vapor é igualmente constante durante a destilação desde que seja fornecido ao líquido calor suficiente para assegurar uma velocidade de destilação constante. Dado que na prática não se trabalha em condições adiabáticas, as variações de 1°C são ainda consideradas como constituindo um ponto de ebulição constante.

Na figura 46 apresenta-se uma montagem para realização deste tipo de destilação.



Figura 46 - a) Montagem para a realização de uma destilação simples a pressão normal. 1) Entrada de água no condensador; 2) saída de água no condensador. b) Posição do termómetro para correta deteção da temperatura. c) Pedações de porcelana porosa.

3. Destilação fracionada

Quando se pretendem separar duas ou mais substâncias voláteis, com pontos de ebulição próximos é realizada uma destilação fracionada, em que são efetuadas repetidas destilações numa operação simples e contínua. De acordo com Simões (1999) essas diferenças são de cerca de 25°C, enquanto de acordo com Menezes (1996) e Neves (1997) a diferença entre os pontos de ebulição é entre 30 a 80°C.

Neste tipo de destilação é usada uma coluna de destilação ou de fracionamento, que proporciona uma grande superfície para trocas de calor, em condições de equilíbrio, entre o vapor ascendente e o condensado descendente. Tal facto possibilita que seja feita uma série contínua de condensações parciais de vapor e vaporizações do condensado, cujo efeito é similar a um certo número de destilações separadas. No fundo, quando a solução entra em ebulição, o vapor condensa no “enchimento da coluna” e o líquido volta a cair no balão de destilação, e à medida que o tempo decorre o “enchimento da coluna” vai aquecendo gradualmente permitindo que o vapor suba devagar, ocorrendo então inúmeros processos de

vaporização-condensação. Em cada passo, a composição do vapor na coluna enriquece no componente mais volátil, isto é, o de menor ponto de ebulição, e quando o vapor atinge o topo da coluna, é constituído por esse composto num estado praticamente puro.

Aqui, a facilidade de separação dos componentes da mistura, será tanto maior quanto maior a diferença entre os pontos de ebulição dos mesmos. Assim, a mistura água-éter será facilmente separada nos seus componentes, devido à grande diferença entre os pontos de ebulição. Já no que diz respeito à mistura água - benzeno é difícil separa-la totalmente e de forma eficiente, devido à pequena diferença entre os seus pontos de ebulição, sendo parte do vapor de água “arrastado” juntamente com o benzeno. A mistura benzeno álcool etílico, muito dificilmente é separada, pois a diferença do ponto de ebulição entre eles é apenas 1,5°C (figura 47).

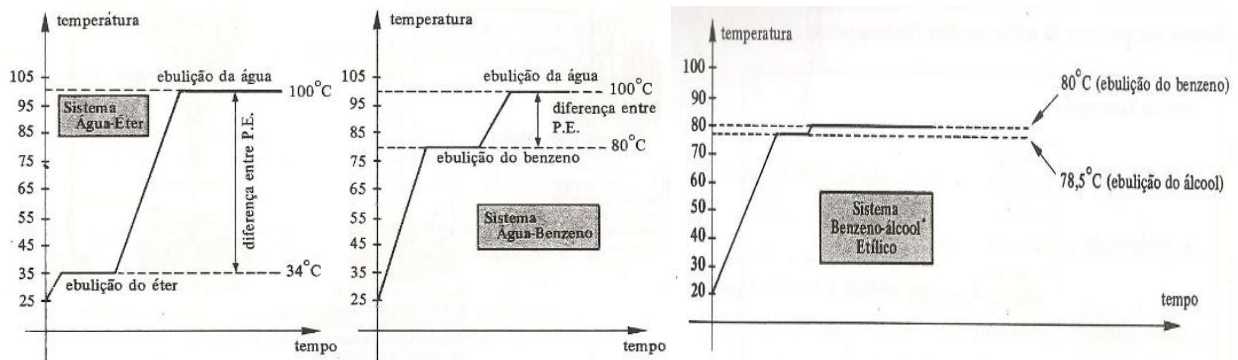


Figura 47 - Gráficos temperatura vs tempo para as misturas: a) água - éter b) água-Benzeno e c) Benzeno - álcool etílico.

Este tipo de destilação é utilizado numa grande variedade de indústrias, como na petroquímica, na indústria cervejeira ou nas destilarias e o equipamento utilizado é semelhante ao da destilação simples, com a inclusão de uma coluna de fracionamento, colocada entre o balão de destilação e o condensador (figura 48).

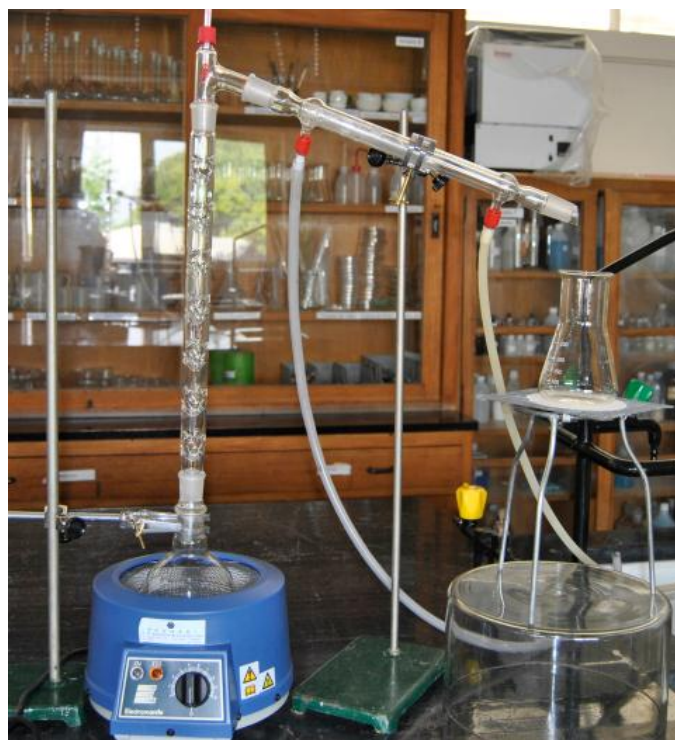


Figura 48 - Montagem para a realização de uma destilação fracionada.

Existem diferentes tipos de colunas de destilação, contudo, qualquer uma delas deve permitir o estabelecimento de elevada área de contacto das fases líquida e de vapor. O enchimento das colunas pode ser de diferentes materiais inertes com uma grande superfície, como: contas ou hélices de vidro, hélices de metal, pedaços de porcelana, etc. Existem ainda outros tipo de colunas de fracionamento, as colunas de vigreux, com uma série de fendas para aumentar a superfície, a coluna de yung que possui uma espiral de vidro ou de metal enrolada num tubo vertical e a coluna de pratos ou bolbos, provida de pequenos estreitamentos nos quais se recolhe o líquido condensado em intervalos regulares (figura 49).

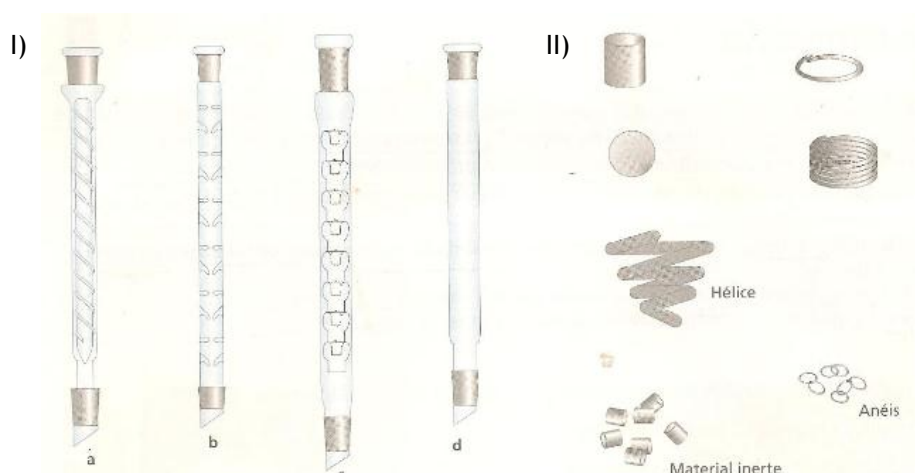


Figura 49 - I) Diferentes colunas de destilação: a. coluna de Yung, b.coluna de Vigreux, c. coluna de pratos e d. coluna de fracionamento. II) diferentes materiais de enchimento da coluna de fracionamento.

A eficácia de uma coluna de destilação está relacionada com o seu número de pratos teóricos, isto é, a unidade de separação correspondente à diferença de composição (α) que existe entre uma mistura líquida e o seu vapor em equilíbrio. As colunas têm vários centos de pratos teóricos. O equivalente a uma destilação simples para as primeiras porções de destilado, chama-se prato teórico. Assim, uma coluna efetua uma separação equivalente a 10 destilações simples.

4. Destilação a pressão reduzida

Este tipo de destilação é utilizada na presença de líquidos de ponto de ebulição superior a 150°C ou sensíveis à temperatura. A redução da pressão leva à diminuição do ponto de ebulição, o que permite a separação frequente de componentes a temperaturas inferiores às das suas decomposições ou alterações químicas (ex. polimerizações).

Para a destilação de pequenas quantidades de produtos ou substâncias de ponto de ebulição elevado, praticamente sem perdas ou decomposição, utiliza-se um forno de bolas, equipado com controlo de temperatura e ligação ao vácuo.

5. Destilação por arrastamento de vapor

A destilação por arrastamento de vapor é utilizada quando se pretende separar substâncias de baixa volatilidade e insolúveis em água, de outras ainda menos voláteis. Aqui, os vapores do componente volátil são arrastados por vapor de água sobreaquecido e o líquido ferve antes de alcançar a sua temperatura de ebulição, já que a pressão dos seus vapores, juntamente com a pressão de vapor da água, ultrapassa a pressão atmosférica.

Este tipo de destilação é utilizado na purificação de ácidos gordos, de álcoois de elevada massa molar, óleos, frações de petróleo e de substâncias que se podem decompor a temperaturas próximas da temperatura de ebulição. Normalmente este tipo de destilação é seguido de uma extração da substância arrastada com um solvente de alta volatilidade.

Para que este processo possa ser aplicado, a mistura cujos componentes se pretendem separar não deve decompor-se por contacto prolongado com água fervente ou vapor e deve ter uma pressão de vapor apreciável (no mínimo 5 mmHg) na vizinhança de 100°C.

6. Destilação azeotrópica

O ponto de ebulição constitui um critério de pureza de um líquido, porém a sua aplicação deve ser cuidadosa pois se estivermos na presença de uma mistura azeotrópica esta terá um ponto de ebulição fixo, tal como um composto puro, e não um intervalo de temperaturas de

ebulição. Contudo, variando a pressão do sistema, a composição correspondente ao azeótropo varia, conduzindo a que a solução em estudo apresente já um intervalo de ebulição. No caso de um sistema que forma azeótropo com mínimo à pressão considerada, a separação máxima ideal que se pode obter é a seguinte: mistura azeotrópica no destilado; componente em excesso puro, no resíduo. Se o sistema formar azeótropo com máximo esta separação será: componente em excesso puro como destilado e mistura azeotrópica como resíduo.

A separação de misturas binárias azeotrópicas pode ser conseguida recorrendo a este tipo de destilação, a qual é também utilizada na separação de espécies com pontos de ebulição muito próximos. A destilação azeotrópica consiste na adição à mistura a destilar de uma terceira substância que altere a razão da pressão de vapor no azeótropo, isto é, adição de um espécie auxiliar que forme um azeótropo de mínimo, pelo menos com um dos componentes, procedendo-se em seguida à destilação. Este método é muito usado na produção industrial de álcool etílico absoluto, pois a separação por destilação de água e álcool leva à obtenção de um azeótropo com cerca de 95% de etanol e com ponto de ebulição de 78%. Para se eliminar a água (em percentagem de 5%) pode adicionar-se um terceiro componente, benzeno, o qual forma um azeótropo ternário com água e o etanol com ponto de ebulição inferior (64,9°C) e de composição 74,1% em benzeno, 18,5% em etanol e 7,4% em água. Adicionando benzeno em quantidade suficiente a água pode ser eliminada do álcool, saindo no destilado constituído pelo referido azeótropo ternário. A purificação do álcool e a obtenção do mesmo a 99,8% só fica completa, após destilação da mistura etanol/benzeno, a qual produz como destilado o referido azeótropo binário, e como resíduo (que poderá ser posteriormente destilado a 78,4°C) álcool etílico. Neste caso, o componente auxiliar adicionado foi eliminado do novo azeótropo formado por uma segunda destilação azeotrópica. Contudo, esta eliminação também pode ocorrer por remoção química ou arrefecimento.

A espécie líquida auxiliar adicionada deve satisfazer determinados requisitos, além do já indicado: não deve formar azeótropo com nenhum dos componentes da mistura e deve ser facilmente separável destes (em geral aquela espécie é de ponto de ebulição relativamente alto, permanecendo na fase residual após destilação).

A destruição de azeótropos pode, em alguns casos, ser conseguida com a adição de sais. Um dos exemplos é também o azeótropo etanol-água, adicionando 10 g de cloreto de cálcio por cada 100 ml da mistura a separar.

No estudo dos “Processos Físicos de Separação dos Componentes de uma mistura”, tanto ao nível do ensino básico como ao nível do ensino secundário são abordados dois tipos de destilação: a) a destilação simples e b) a destilação fracionada. Considero que em ambos os níveis de ensino, o professor deve salientar que a destilação simples permite, ao contrário da cristalização, recuperar um componente líquido e um componente sólido dissolvido no mesmo, e também separar dois componentes líquidos, desde que os mesmos apresentem pontos de ebulição bastante diferentes, enquanto a destilação fracionada é utilizada quando se pretende separar dois ou mais componentes líquidos com pontos de ebulição próximos. Devem também ser dados exemplos de aplicação desta técnica, numa perspetiva CTS - A, realçando a importância da destilação simples na dessalinização de água, principalmente em regiões do globo onde esta escasseia e a aplicação da destilação fracionada na indústria petroquímica, das bebidas alcoólicas ou da separação dos componentes do ar atmosférico (azoto e oxigénio). Neste último caso, deve também ser referido aos alunos um outro processo de separação dos componentes de uma mistura que antecede a destilação dos componentes do ar atmosférico, a liquefação, que permite a separação de gases e consiste em variar a pressão e temperatura do ar para que os gases da mistura passem ao estado líquido.

Enquanto no 7º ano de escolaridade a destilação simples é realizada pelo professor, apresentando o material necessário à realização da mesma e referindo todos os cuidados a ter na montagem e execução, no ensino secundário a técnica é realizada pelos alunos, sendo em alguns casos feita a comparação entre os dois tipos de destilação estudados: simples e fracionada. Ao nível do 10º ano de escolaridade está ainda prevista a exploração de outras técnicas de destilação, embora tal não seja usual fazer-se nas “nossa escolas”. Uma vez que a separação da mistura álcool etílico - água é ainda realizada em muitas escolas recorrendo à destilação simples ou fracionada, sugiro que a mesma seja aproveitada pelo professor para explorar com os alunos a necessidade de realizar, na presença de determinadas misturas, outro tipo de destilação, neste caso específico a destilação azeotrópica, que permite separar este tipo de misturas.

Assim, para explorar a destilação simples ou fracionada sugiro que se substitua a mistura álcool etílico - água pela mistura água-acetona. Saliento ainda o facto de a mistura álcool etílico - água ser uma das que mais vulgarmente surge nos exercícios propostos por vários manuais.

Penso também que seria mais motivador para os alunos aproveitar este processo de separação para o ensino de conceitos de estados físicos, mudanças de estado, energia envolvida, ponto de ebulição, entre outros, em vez de lhes ser feita uma abordagem teórica prévia e em separado. Penso que deste modo, a aprendizagem dos conceitos seria mais fácil, por aparecer num contexto prático.

Ainda ao nível do ensino secundário, esta técnica é habitualmente demonstrada utilizando termómetros de vidro comum. Neste âmbito, defendo novas abordagens, como a elaboração de gráficos em tempo real enquanto os alunos realizam a destilação, utilizando para tal sensores de aquisição de dados e software adequado, à semelhança do que defende Greevy (1995).

Saliento ainda que são muito poucos os manuais que apresentam imagens corretas da montagem de uma destilação, principalmente no que diz respeito à posição em que deve ser colocado o termómetro. Contudo, observam-se ainda outros aspetos, como a ausência de suportes, garras e nozes.

K. Cromatografia

A cromatografia é um processo de separação baseado na distribuição dos componentes de uma mistura entre um fluido (fase móvel ou eluente) e um adsorvente (fase estacionária). A fase estacionária pode ser um sólido ou um líquido depositado num sólido inerte, empacotado numa coluna ou espalhado por uma superfície formando uma camada fina. Os componentes da mistura irão apresentar diferentes velocidades de arrastamento dos solutos por um determinado solvente num meio apropriado, o que permite a separação dos mesmos (Prieto, 1995 e Pombeiro, 1998).

Esta é uma das técnicas de separação mais importante da atualidade e o seu campo de atuação situa-se tanto na área da separação dos componentes de uma mistura como na purificação e identificação desses componentes. Assim, pode ser utilizada na: **a)** identificação de compostos, efetuando comparação com outros padrões, **b)** purificação de compostos e **c)** separação dos componentes de misturas.

A cromatografia é utilizada no acompanhamento de processos e controlo de qualidade em diversas áreas, como por exemplo: indústria farmacêutica, análise de metabolitos em sistemas biológicos, análises ambientais, química clínica, indústria alimentar (determinação de antioxidantes, conservantes e adulterantes) e deteção e doseamento de pesticidas (Degani, 1998).

São diversas as técnicas cromatográficas existentes, sendo as mesmas classificadas de acordo com diferentes critérios como sejam: **a)** o tipo de fase estacionária, **b)** o tipo de fase móvel ou **c)** o princípio em que se baseia a separação. Cada uma destas técnicas apresenta aplicações específicas (tabela 2)

Todas as técnicas cromatográficas (das palavras gregas chroma = cor e grafe = escrita) envolvem a interação de uma fase móvel, que pode ser um gás ou um líquido, e uma fase estacionária, que pode ser líquida ou sólida. Quando a fase estacionária é sólida, a base do processo de separação é a adsorção. Quando a fase estacionária é um líquido, o processo de separação baseia-se na partição.

Tabela 2 - Classificação de diferentes tipos de separação cromatográfica em função de critérios como o princípio de separação ou o estado físico da fase móvel e estacionária (adaptada de Simões, 1999).

| Tipo de separação | Princípio de separação | Fase estacionária | Fase móvel | Aplicações |
|--|------------------------|-------------------|------------|--|
| Papel | Partição | Líquida | Líquida | Análise qualitativa e quantitativa de compostos polares |
| Líquido - Líquido (LC) | | Líquida | Líquida | Análise qualitativa e quantitativa, separações preparativas em pequena escala. |
| High Performance Liquid Chromatography (HPLC) | | Líquida | Líquida | Análise qualitativa e quantitativa |
| GC | | Líquida | Gasosa | Análise qualitativa e quantitativa |
| Coluna | Adsorção | Sólida | Líquida | Separções preparativas |
| Camada Fina (CCF) ou Thin Layer Chromatography (TLC) | | Sólida | Líquida | Análise qualitativa e separações preparativas em pequena escala |

Quando esta técnica é realizada, quer pelo professor, quer pelos alunos, nas aulas em que se abordam os processos físicos de separação dos componentes de uma mistura, o método habitualmente realizado é a cromatografia em papel (figura 50).

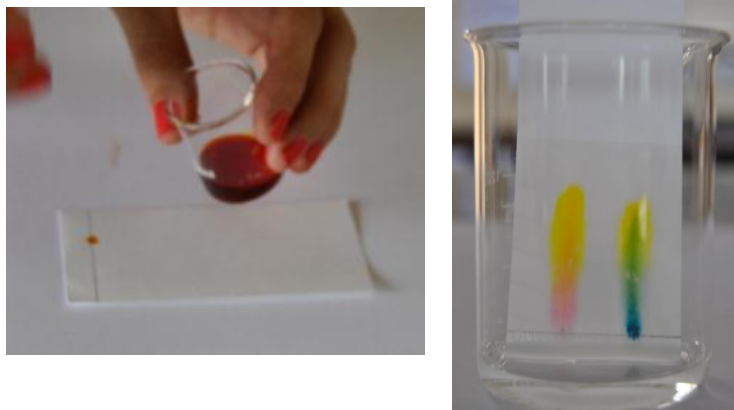


Figura 50 - Separação dos pigmentos que constituem dois corantes alimentares por cromatografia em papel (cromatografia realizada na aula do 7º A).

Na cromatografia em papel uma fase líquida move-se ao longo de uma tira de papel de filtro. Neste caso, o papel representa a fase estacionária (aquosa, uma vez que o papel apresenta na sua constituição moléculas de celulose) e a fase móvel é um solvente orgânico. A mistura é colocada na zona inferior do pedaço de papel de filtro e a extremidade por sua vez imersa na fase líquida móvel. À medida que a fase móvel se desloca sobre a fase estacionária os componentes serão arrastados de acordo com a afinidade, ou seja, os componentes que não são fortemente atraídos para o papel são arrastados com o líquido enquanto os que são fortemente atraídos pelo papel movem-se mais lentamente, o que provocará a separação. A linha de partida na tira de papel de filtro (linha de base) é marcada a lápis a cerca de 0,5 cm da base e uma gota da solução da mistura a separar é aplicada nessa linha. A tira de papel é colocada numa câmara contendo um solvente adequado (câmara de desenvolvimento ou de eluição) e quando este chega a cerca de 1 cm do topo da tira por capilaridade, a tira de papel é retirada da câmara, a frente do solvente imediatamente marcada e deixa-se secar o papel. As substâncias coradas separadas são observáveis no cromatograma como manchas distintas (Prieto, 1995; Menezes, 1996 e Pombeiro, 1998).

A distância que cada substância numa mistura percorreu, para um dado solvente, designa-se por R_f e é dada por:

$$R_f = a/b \quad (7)$$

Em que b é a distância entre a linha de base e a frente do solvente e a é a distância percorrida pela mancha (medida desde a linha de base até ao centro da mancha após a eluição) (figura 51).

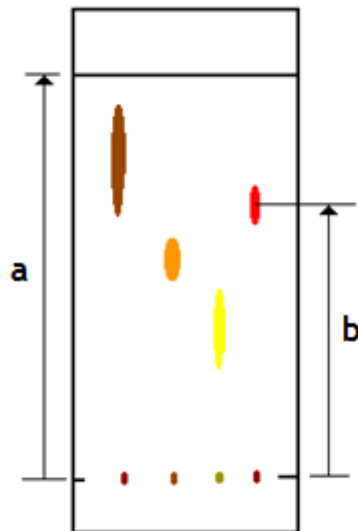


Figura 51 - Cromatograma com a marcação de a e b, para posterior cálculo de Rf (adaptado de <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAac1IAD/cromatografia-papel>).

Atualmente, são técnicas cromatográficas como a cromatografia líquida de alta pressão - HPLC (High Pressure Liquid Chromatography) ou a cromatografia gasosa - GC - *gasose chromatography* que são vulgarmente utilizadas na separação dos componentes de uma mistura, já que permitem separações altamente eficientes e com elevado poder de resolução, em quantidades de misturas da ordem dos microgramas. Estas técnicas são realizadas em equipamentos específicos e na opção entre a HPLC e a GC, para a separação de uma dada mistura, entra em consideração a volatilidade da amostra, polaridade, presença ou ausência de grupos funcionais e a estabilidade térmica. A cromatografia gasosa é utilizada para separar componentes relativamente voláteis como álcoois, cetonas, aldeídos e outros, enquanto a cromatografia líquida é empregue normalmente para purificar produtos farmacêuticos, proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas e esteroides.

Tanto ao nível do ensino básico como do ensino secundário, não é dado pelos currículo e programa um grande ênfase a este processo físico de separação, chegando mesmo a não ser abordado por muitos professores no ensino secundário.

Ao nível do ensino básico este processo de separação é abordado de uma forma extremamente simples, de tal forma, que em alguns manuais surge referido apenas como um “processo usado para separar corantes numa mistura”. Enquanto futura professora, dada a facilidade com que se pode realizar uma cromatografia em papel, considero importante realizar a mesma com os alunos, podendo assim os alunos observar a migração dos componentes que constituem a mistura, notando o aparecimento de diferentes manchas no cromatograma. Desta forma há a perceção por parte dos mesmos da existência de um solvente (fase móvel) e de um papel (fase estacionária) e do “registo” da separação dos

componentes (cromatograma). Além de ficarem também com a ideia de que nesta “corrida dos componentes até à meta” há sempre uns que chegam primeiro (maior velocidade).

Na pesquisa realizada para a realização da cromatografia com os alunos, deparei-me com inúmeras sugestões, desde a tradicional separação dos constituintes da tinta de um marcador preto, à separação dos constituintes dos corantes de alimentos como cenoura ou espinafre, ou dos corantes utilizados em guloseimas, como gomas ou M&M'S. Após uma série de testes, e cumprindo sempre todas as indicações dadas, verifiquei que muitas das propostas apresentadas não resultaram, tendo os melhores resultados sido conseguidos com corantes alimentares e solução de cloreto de sódio a 6% como solvente, sendo por isso esta a separação cromatográfica realizada na aula (figura 50).

É importante que sejam referidas as vastas aplicações desta técnica, e nunca limitando as aplicações da mesma à identificação de vários corantes e pigmentos, mas dando também outros exemplos, como a realização de testes de pureza de uma substância, a separação de componentes presentes em cosméticos ou perfumes ou até mesmo a identificação de substâncias na investigação criminal. Salientando que nestes últimos casos a cromatografia é realizada em equipamentos sofisticados.

Uma boa motivação para os alunos pode ser, não realizar a cromatografia referida nos manuais, mas usá-la como técnica para decorar uma T-shirt ou outro tecido. Foi por mim constatado um grande entusiasmo e uma boa receptividade por parte de crianças que visitaram a escola Frei Heitor Pinto e realizaram esta atividade (figura 52 a)). Também em diversas atividades realizadas na escola foi usada uma bata “decorada” com recurso a esta técnica (figura 52 b)).



Figura 52 - a) Bata “decorada” com recurso à “cromatografia”. **b)** Crianças do Primeiro Ciclo realizam “cromatografia” em tecidos.

L. Liquefação

O processo de liquefação não será explorado neste trabalho, optando-se por falar no mesmo apenas por considerar que é importante referir aos alunos, mesmo que vagamente, que este é o método de separação, precedido da destilação fracionada, frequentemente utilizado para separar misturas gasosas como o ar atmosférico, obtendo-se assim azoto e oxigénio.

Capítulo 4 - Proposta de Atividade Extracurricular

4 - Introdução

A presente atividade propõe a construção de um destilador solar de uma forma didática e criativa, utilizando materiais de baixo custo e fácil acesso, com a finalidade de purificar água.

Pretende-se que esta atividade, destinada aos alunos do ensino básico, seja desenvolvida num ambiente não formal de ensino/ aprendizagem em ciências, fora do horário letivo, por exemplo num clube de ciência. Propõem-se o trabalho em equipa, de forma a promover a aquisição de conhecimentos, através da interação entre os alunos e aprimorar as habilidades sociais como o diálogo, a capacidade de inclusão ou a solidariedade.

Numa primeira etapa, pretende-se dar aos alunos orientações específicas para a construção de um destilador, tanto ao nível de materiais como de procedimento, solicitando-se ainda que seja avaliada a eficiência do destilador construído. Nesta fase, dependendo do número de alunos envolvidos, pretende-se a criação de grupos de dois ou três elementos.

Numa segunda etapa, propõem-se aos alunos não só que investigarem de que forma o destilador solar permite purificar a água, mas também quais os parâmetros que podem ser alterados de forma a melhorar a sua eficiência. Através da comparação das características e da eficiência dos destiladores construídos pelos diferentes grupos, num ambiente de reflexão e debate, pretende-se que os alunos envolvidos treinem a sua capacidade de resolução de problemas, de investigação e de estabelecer relações entre diferentes conceitos/variáveis.

Por último, sugere-se a todos os elementos a construção de um novo destilador, mas agora em conjunto, procurando com a investigação efetuada e conclusões obtidas anteriormente, a criação de um destilador mais eficiente.

Esta atividade pretende ir de encontro às orientações curriculares para o ensino básico, no que diz respeito à aquisição de diversas competências por parte dos alunos, ao nível do conhecimento, raciocínio, comunicação e atitudes, já que pretende promover a:

- ✓ Observação, investigação e interpretação/avaliação de resultados;
- ✓ Promoção de momentos de análise e discussão, de forma a permitir a aquisição de conhecimento científico;
- ✓ Promoção do pensamento de uma forma crítica e criativa, relacionando evidências e explicações e confrontando diferentes perspetivas de interpretação científica;

- ✓ Desenvolvimento das capacidades de exposição de ideias, defesa, argumentação e poder de análise e de síntese;
- ✓ Desenvolvimento de atitudes inerentes ao trabalho em ciência (curiosidade, perseverança, seriedade e reflexão crítica no/sobre o trabalho efetuado).

A presente proposta foi também pensada numa perspetiva CTS reforçando a importância da ciência no desenvolvimento da sociedade e mostrando aos alunos que esta pode ter um importante contributo em questões sociais, políticas, ambientais e económicas. Assim, pretende-se sensibilizar os alunos para a crescente necessidade de encontrar novos meios/processos para purificar a água em todo o mundo, já que apesar de 70% da superfície terrestre ser coberta por água, a maioria dela encontra-se nos oceanos e é salgada, e muita da restante (superficial ou do subsolo), ou é também salgada, ou é inadequada para consumo humano por outras razões.

Esta atividade permite ainda consolidar as aprendizagens feitas pelos alunos na disciplina de Ciências Físico Químicas: **a)** aprofundar o conhecimento sobre a água no estado líquido e gasoso e **b)** consolidar conceitos relacionados com mudanças de estado físico e processos de separação de misturas, mais especificamente a destilação.

A promoção do trabalho em equipa, o estabelecimento de relações com outros domínios do saber, e a utilização das TIC, são também objetivos a atingir com a presente proposta de atividade.

4.1. Destilação Solar

A destilação solar é um dos mais antigos e simples métodos para a obtenção de água pura a partir de água salgada. Já Aristóteles (Século IV a.C.) descreveu um método para evaporar a água do mar, condensá-la e produzir água potável. Também no século XVI, os alquimistas árabes usavam a destilação solar para produzir água potável e Della Porta (em 1589) utilizou a mesma para obter água com cheiro a várias ervas. Ao longo do tempo, este processo foi sendo cada vez mais utilizado, aumentando também o número de estudos nesta área, que de um modo geral revelaram que a água destilada por ação do sol é geralmente bastante pura.

Em muitas regiões do planeta a única água disponível é salobra (de um a dez gramas de sais por litro) ou salgada (com mais de 10 gramas de sais por litro). A água do mar é altamente salgada, com uma concentração típica de sais de 35 g por litro (dos quais 28 g são cloreto de sódio). Cerca de 97% da água existente no planeta está contida nos oceanos, sendo que dos 3% restantes, cinco sextos são de água salobra, deixando um restante de apenas 0,5% de água doce, o que conduz à necessidade de transformar alguma água salgada e salobra em água potável. Alguns fatores, como: **a)** a necessidade de cerca de 15 KW/h de energia para destilar

aproximadamente 4,5 litros de água; b) existência de uma crise energética na maioria dos países em vias de desenvolvimento e c) a radiação solar ser abundante e a humidade baixa, em muitos dos países que se deparam com a necessidade de destilar água salgada para obtenção de água potável, como Israel, Cabo Verde ou Colômbia, entre outros, conduziu a que a criação de destiladores solares tenha vindo a receber especial atenção, ao longo dos tempos, sendo ainda de esperar um aumento crescente relativamente ao tema nos próximos anos Nandwani (2007).

Atualmente há quem considere que a destilação solar é bastante promissora, principalmente em regiões de grande insolação e áreas desertas, devido ao seu baixo custo operacional e de manutenção, simplicidade de operação, e ao facto de usar uma fonte energética não poluente, abundante e gratuita. Contudo, os baixos rendimentos que oferece, a necessidade de grandes áreas para a sua implantação e os elevados investimentos iniciais, assim como o facto da produção de água depender das condições meteorológicas, constituem alguns dos inconvenientes deste processo.

4.1.1. Energia solar e radiação emitida pelos corpos

De toda a energia emitida pelo sol (cerca de $3,9 \times 10^{26}$ Joules por segundo), apenas uma parte ($1,8 \times 10^{17}$) chega à Terra, já que o nosso planeta é relativamente pequeno e afastado do sol. O sol transfere energia para a Terra através da luz que nos envia, ou seja, por radiação. Essa luz, como qualquer outra luz é radiação eletromagnética, que tem natureza ondulatória, isso é, é formada por ondas que se podem propagar no ar, na água, no vidro, e também no vazio.

Quando a radiação eletromagnética incide num corpo, parte dessa radiação é refletida na superfície onde incide e outra parte é absorvida, provocando o aquecimento do corpo. Uma parte da radiação pode atravessar o corpo: diz-se que o corpo transmite a radiação (figura 53). A conservação da energia obriga a que a energia associada à radiação incidente seja igual à soma das energias das radiações refletida, absorvida e transmitida.

Um corpo diz-se opaco à radiação quando não a transmite, ou seja, não se deixa atravessar por ela. Caso contrário diz-se transparente. Mas pode ser opaco a uma dada luz com determinada frequência e transmitir luz com outras frequências. É o caso de certos vidros: deixam passar luz visível mas são praticamente opacos à luz ultravioleta.

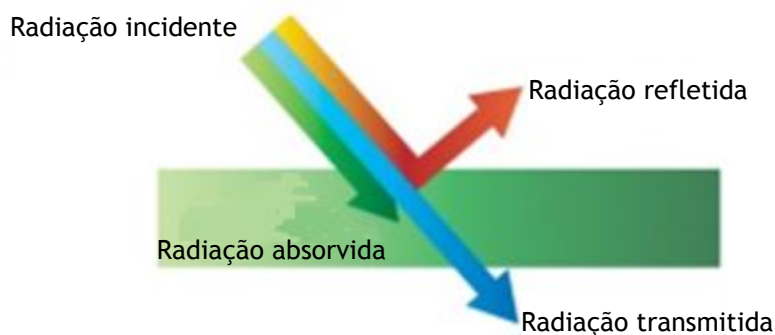


Figura 53 - A Radiação incidente num corpo divide-se em radiação refletida, radiação absorvida e radiação transmitida (adaptado de Ventura et al (2007)).

Todos os corpos radiam energia, pois os seus constituintes (átomos, moléculas, iões) contêm cargas elétricas e estão em permanente agitação a uma certa temperatura. Em consequência dessa agitação há emissão de ondas eletromagnéticas (figura 54).

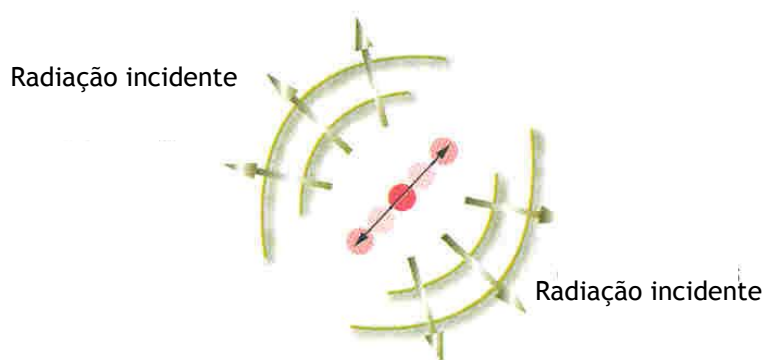


Figura 54 - Molécula que oscila, produzindo radiação eletromagnética (adaptado de Ventura et al (2007)).

Um corpo ideal, que emite e absorve o máximo de radiação chama-se corpo negro e apresenta algumas características, tais como: **a)** absorve toda a radiação que nele incide (é um absorvedor perfeito); **b)** a radiação que emite depende da sua temperatura e, a essa temperatura, é o corpo que mais radiação emite (é um emissor perfeito); **c)** a radiação que emite depende apenas da sua temperatura e não da sua forma ou constituição e **d)** a radiação que emite será tanto maior quanto maior for a sua temperatura. As estrelas, por exemplo, são uma boa aproximação de um corpo negro.

Já a radiação emitida por corpos reais depende também da constituição destes. Esta dependência é caracterizada por um parâmetro, a emissividade, simbolizado por e . Esta é igual a 1 para um corpo negro (absorvedor perfeito) e é igual a 0 para um refletor perfeito (não absorve nenhuma radiação). Por exemplo, o aço muito polido é quase um refletor perfeito ($e=0,07$). Este valor significa que o aço absorve pouca radiação (porque reflete muita), ou seja, é um mau absorvedor e, conseqüentemente, também emite pouca radiação. A tinta negra

“mate” (uma tinta não brilhante) é quase um absorvedor perfeito, ou seja, esta tinta absorve muita radiação e também emite muita radiação ($\epsilon=0,97$). Assim, um bom emissor de radiação é também um bom absorvedor de radiação (Ventura *et al*, 2007 e Santana & Garcia (2012).

4.1.2. Destiladores Solares

O primeiro destilador solar moderno foi construído em Las Salinas (Chile) em 1872, por Charles Wilson. Era constituído por 64 tanques feitos de madeira e pintados de negro (num total de 4.459 m²) e apresentava coberturas inclinadas de vidro. A maioria dos destiladores solares que foram surgindo segue o seu desenho.

Atualmente são diversos os destiladores solares existentes, contudo, de um modo genérico são compostos por cinco partes: **a)** Tanque/recipiente (que irá conter a mistura a destilar); **b)** Cobertura; **c)** Estruturas de suporte; **d)** Calhas de colheita e **e)** Isolamento térmico.

A radiação solar após reflexão e absorção através da cobertura, é transmitida para o interior do destilador. Esta radiação transmitida é ainda parcialmente refletida e absorvida pela massa de mistura a destilar, que aumenta a sua temperatura e evapora. O vapor de água sobe, condensa em contato com a cobertura (mais fria), geralmente vidro, e a substância destilada escorre, sendo recolhida por calhas. A cobertura transparente à radiação provoca também o efeito de estufa (deixa entrar a radiação, deixando depois apenas sair a radiação com pequenos comprimentos de onda e retendo a radiação com comprimentos de onda maiores). No caso da salgada, a água é destilada, enquanto os sais e outras impurezas ficam no recipiente.

De acordo com Fuentes e Roth (1997), a temperatura em destiladores solares planos pode chegar no máximo a 80°C. Já Medugo e Ndatuwong (2009) consideram que um destilador solar eficiente pode chegar a atingir temperaturas próximas dos 95°C.

Alguns autores defendem que devido ao facto de os destiladores solares não atingirem os 100°C (ponto de ebulição da água), não deveriam ser denominados de destiladores solares, mas sim de evaporadores solares. Os mesmos consideram ainda que no caso da destilação de água, o facto de não atingirem os 100°C conduz a dois efeitos: **a)** não matar bactérias que podem estar presentes e **b)** destilação lenta (Malik, 1982; Dellyannis, 1995 e Malik, 1982).

Já outros, defendem que não é necessário que a água entre em ebulição para que seja destilada. O processo realizado pelo destilador solar consegue produzir água até mesmo mais pura, mesmo não atingindo a ebulição (Maluf, 2005).

Tal como já foi referido, existem muitos modelos e tamanhos de destiladores solares. Apesar de o modo de funcionamento ser semelhante em todos eles, as diferentes configurações determinam uma maior ou menor eficiência dos mesmos. Nas figuras seguintes apresentam-se alguns exemplos.

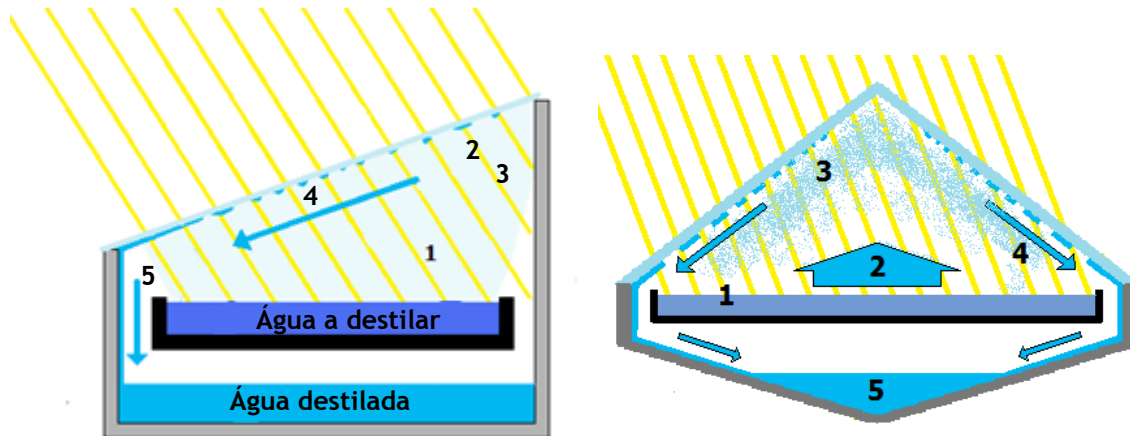


Figura 55 - a) Destilador solar de fundo raso e cobertura inclinada. b) Destilador solar duas águas de fundo cónico. [In: <http://www.sitiosolar.com/los%20destiladores%20solares.htm>]

(1 - A radiação solar incide no interior do destilador e promove o aumento da temperatura da água salgada. 2 - As elevadas temperaturas provocam a evaporação da água e a atmosfera no interior do destilador torna-se húmida. 3 - A água evaporada condensa em contacto com o vidro. 4 - As gotas de água acumulam-se e começam a deslizar por ação da gravidade. 5 - o depósito recolhe a água destilada que deslizou pelos vidros).

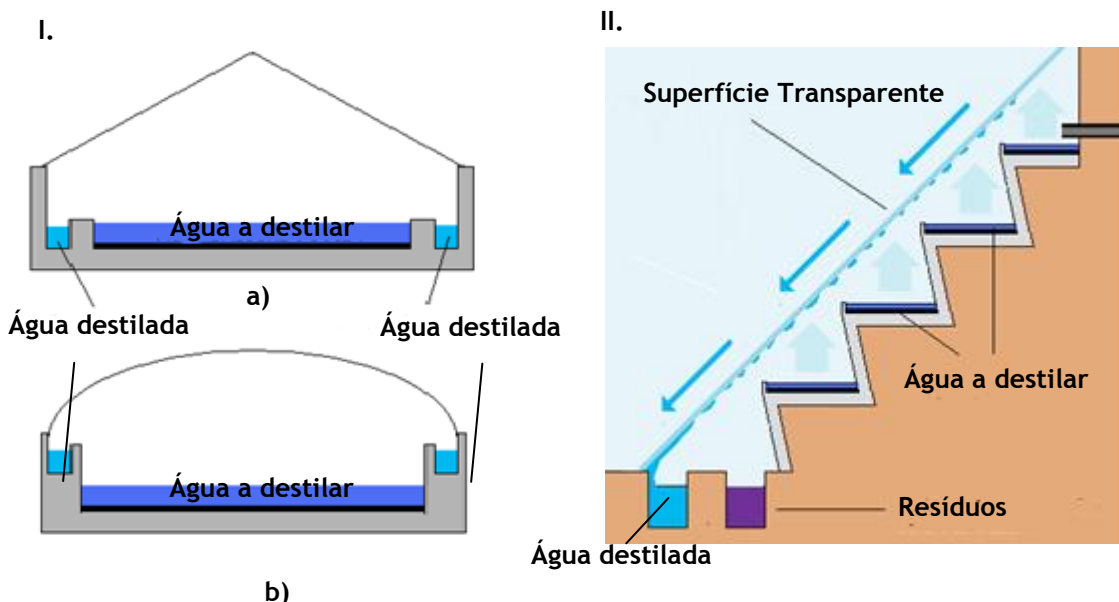


Figura 56 - I. Destiladores solares de fundo raso. a) duas águas. b) Cobertura circular. II. Destilador solar em cascata

(In: <http://www.sitiosolar.com/los%20destiladores%20solares.htm>)

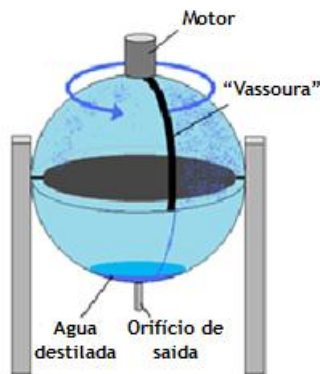


Figura 57 - Destilador solar esférico com motor

[in: <http://www.sitiosolar.com/los%20destiladores%20solares.htm>]

A eficiência de um destilador solar está diretamente relacionada com as condições climáticas (como humidade do ar, ventos, insolação ou nebulosidade) e com a capacidade do equipamento em absorver a energia incidente Bezerra (2004).

De acordo com a pesquisa efetuada, consideram-se que a eficiência de um destilador solar depende dos seguintes fatores:

- ✓ Orientação do destilador solar (Norte, Sul);
- ✓ Ângulo de Inclinação do destilador solar (recipiente ou cobertura)

O ângulo de inclinação da cobertura de vidro tem influência na quantidade de radiação solar que entra no destilador. Este ângulo varia com a latitude e longitude do lugar.

- ✓ Quantidade de energia solar (radiação) recebida;
- ✓ Temperatura;

Quanto maior a temperatura, maior será a taxa de evaporação. Este parâmetro tem influência direta noutros, como por exemplo a pressão de saturação atingida no destilador. As diferenças de temperatura promovem perdas de calor.

- ✓ Velocidade do vento (efeito Bernoulli): promove perdas de calor;
- ✓ Área superficial e altura do recipiente onde se encontra a mistura a destilar
Uma maior área superficial e uma menor altura conduzem a menores tempos de evaporação.
- ✓ Distância entre a cobertura do destilador e a superfície onde se encontra a mistura a destilar;

À medida que a distância entre a cobertura e mistura a destilar aumenta, as perdas térmicas por convecção também aumentam e a eficiência do destilador diminui.

- ✓ Absortividade e emissividade do material que constitui a superfície onde se encontra a mistura a destilar.
- ✓ Isolamento do recipiente a partir do fundo de forma a evitar perdas de calor.

De acordo com Maluf (2005), o isolamento térmico permite aumentar a eficiência de um destilador de tanque raso em cerca de 14%.

- ✓ O uso de areia na base permite diminuir as perdas de calor, pois acumula calor durante o dia e devolve-o ao tanque à noite, mantendo o processo de destilação após o pôr do sol.

(Dellyannis, 1995; Fuentes e Roth, 1997; Bezerra, 2004; Maluf, 2005 e Medugo e ndatuwong, 2009).

4.2. Metodologia

O objetivo final da atividade é a construção de um destilador solar com elevada eficiência, usando para tal materiais de fácil acesso e baixo custo. Contudo, como já foi referido na introdução, esta proposta de atividade apresenta várias etapas.

Num primeiro contacto com o grupo de alunos, pretende-se que os mesmos, recorrendo às TIC, realizem uma pesquisa sobre: **a)** o que é um destilador solar, **b)** quais as suas aplicações, **c)** o seu impacto ambiental e **d)** a possível importância do mesmo em determinados contextos sociais e económicos. Os mais curiosos podem ainda pesquisar sobre os diferentes modelos de destiladores solares existentes e alguns parâmetros que podem alterar a eficiência de um destilador solar.

Parte I.

Os alunos são divididos em grupos de dois ou três elementos, consoante o número de participantes na atividade. A cada grupo será dado o material e as respetivas indicações para a construção do “seu destilador solar”. Após construção do mesmo, cada grupo irá avaliar a eficiência do destilador construído, através da percentagem de água purificada. Propõe-se que a mistura a destilar seja: (água + cloreto de sódio + corante alimentar), previamente

feita e posteriormente distribuída em igual volume pelos diferentes grupos. O valor da condutividade da mistura a entregar aos alunos deve ser determinado.

(**nota:** Com o objetivo de acelerar o processo, a mistura pode ser realizada com água quente).

O material a distribuir pelos vários grupos, apresenta diferentes características ao nível do recipiente usado para colocar a água a destilar. O objetivo é que alguns destiladores construídos sejam mais eficientes do que outros, já que apresentam diferentes características, designadamente no que diz respeito à profundidade, área superficial, tipo de material e cor.

a) Material:

- ✓ Recipiente (diferente para cada grupo de trabalho)*;
- ✓ Copo ou taça;
- ✓ Copo graduado ou proveta;
- ✓ Filme de papel transparente de cozinha;
- ✓ Fita isoladora;
- ✓ Pedra pequena (seixo) ou carica;
- ✓ Mistura.

* Grupo 1: Bacia de plástico de cor branca

Grupo 2: Bacia de plástico de cor escura

Grupo 3: Balde de plástico de cor escura

Grupo 4: Recipiente de alumínio

Grupo 5: Recipiente de metal pintado com tinta preta “mate”.

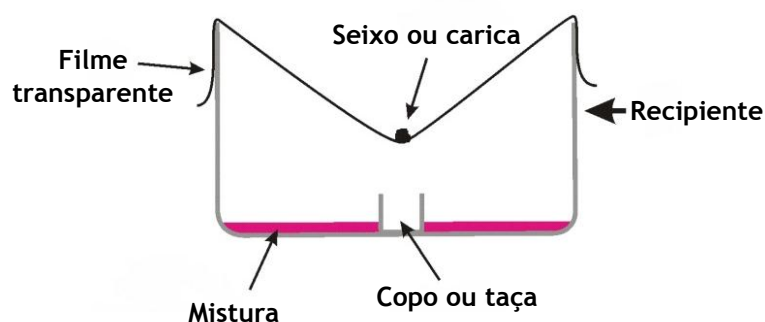


Figura 58 - Destilador solar a ser construído.

b) Procedimento:

1. Colocar dentro do recipiente 100 ml da mistura a destilar;
2. Colocar o conjunto ao sol, em cima de uma base plana;
3. Colocar um copo ou taça no meio do recipiente, garantindo que não haverá salpicos da mistura a entrar-lhe para dentro;
4. Cobrir a tina com papel de cozinha, transparente, provocando aderência à volta da tina; pode-se usar em redor, fita adesiva, para selar melhor;
5. Colocar uma pedrinha ou carga no centro do filme que cobre a tina e o copo;
6. Deixar este “destilador” ao sol, durante uma hora e meia;
7. Verificar se caiu alguma água para dentro do copo;
8. Recolher o destilador para o interior, retirar o filme de papel, e retirar cuidadosamente o copo;
10. Medir o volume de água recolhido no copo;
11. Observar a cor da água no copo e medir a sua condutividade;
12. Calcular a percentagem de água que foi purificada, utilizando a seguinte fórmula:

$$\% \text{ Água purificada} = \frac{\text{Volume recolhido no copo}}{\text{Volume de mistura colocado no recipiente}} \quad (8)$$

13. Observar os resultados e tirar conclusões sobre o que aconteceu à mistura colocada no recipiente.

(nota: em alternativa da medição de volume pode ser utilizado um cronómetro para medir o tempo necessário à “destilação de todo o volume de água”.)

Esta atividade é praticamente isenta de perigo, contudo, recomenda-se que o destilado obtido na atividade nunca seja avaliado pelo cheiro ou pelo sabor.

Parte II.

Primeiramente será pedido aos alunos que expliquem, com base nos seus conhecimentos, como funciona o destilador construído. Num espaço de debate com todo o grupo, pretende-se que todos compreendam como funciona um destilador solar, apontando explicações científicas e consolidando conceitos relacionados com mudanças de estado físico e destilação.

A ausência de cor e os valores de condutividade obtidos na amostra de água destilada deveram também ser interpretados pelos alunos.

De seguida, cada grupo apresentará os resultados obtidos relativamente à eficiência do seu destilador. Os mesmos serão comparados e lançar-se-á novo momento de debate, de forma a

perceber o porquê de diferentes resultados. Os alunos devem comparar as características dos diferentes destiladores e a sua eficiência e concluir porque é que uns foram mais eficientes do que outros, referindo quais os parâmetros que podem melhorar a eficiência do destilador solar.

Parte III.

Nesta última etapa, pretende-se que todo o grupo projete e construa um novo destilador solar, este, mais eficiente do que qualquer um dos anteriores. Aqui, o professor pode fornecer alguma informação adicional aos alunos, relativamente à eficiência de um destilador e aos parâmetros que a podem melhorar, e ainda pedir aos mesmos que realizem pesquisas sobre o assunto.

Neste documento estão referidos uma série de aspetos que influenciam a eficiência de um destilador solar, contudo outras ideias podem surgir, tendo também aqui a criatividade um papel preponderante.

Deve ser feito pelo grupo um esboço/desenho do destilador a construir e é importante que o professor se certifique que as propostas dos alunos não representam riscos, ajudando-os a desenvolver desenhos baseados nos seus conhecimentos sobre o funcionamento do destilador.

No caso das escolas que possuem oficinas, pode-se ambicionar a construção de um destilador mais elaborado, já que é possível a eventual soldagem de metais, aplicação de calhas ou de vidros, etc., com o apoio de um funcionário da escola.

Por último, o grupo de alunos deve testar a eficiência do seu destilador.

Capítulo 5 - Prática de Ensino Supervisionado

5. Introdução

A prática de ensino supervisionado decorreu em ambas as turmas acompanhadas pela autora durante o estágio, designadamente, uma aula de Física e três aulas de Química no nível básico (turma de 7º ano) e duas aulas de Física no nível secundário (turma de 12º ano); todas elas de 90 minutos.

Na turma de 7º ano de escolaridade, por imperativos de calendarização e planificação, as aulas assistidas foram sempre no mesmo turno, uma vez que a turma se encontrava dividida em dois turnos de 12 alunos cada, que funcionam em simultâneo às disciplinas de ciências físico-químicas e ciências naturais e em dias distintos da semana.

As datas e temas destas aulas foram estabelecidos no início e meio do ano letivo, tendo sido a orientadora pedagógica a sugerir os conteúdos das aulas a lecionar e as sugestões aceites pela autora.

Todas as aulas foram observadas e avaliadas pela Professora Orientadora Pedagógica, Margarida Pinho, e pelos Professores Orientadores Científicos da Universidade da Beira Interior: na área da Química a Professora Doutora Isabel Ismael e na área da Física o Professor Doutor Paulo Parada.

Na tabela 3 apresentam-se as datas e temas das várias aulas assistidas lecionadas.

Tabela 3 - Aulas assistidas nas componentes de física e de química ao longo do ano letivo.

| Data | Nível | Tema | Componente |
|----------------------------|------------------------|--|------------|
| 02/12/2011 (1º Período) | Básico (7º ano) | A Terra e o sistema solar: consequências do movimento de rotação. | Física |
| 27/01/2012 (2º Período) | Secundário (12ºano) | Hidrodinâmica Fluxo laminar e fluxo turbulento. Equação da Continuidade. Equação de Bernoulli. | |
| 09/03/2012 (2º Período) | | Lei de Ohm. Associação de resistências em série e em paralelo. | |
| 16/03/2012 (2º Período) | Básico (7º ano) | Substâncias e misturas de substâncias. Misturas homogêneas: soluções. | Química |
| 20/04/2012 (3º Período) | | Transformações físicas e transformações químicas da matéria. Propriedades físicas das substâncias. | |
| 27/04/2012 (3º Período) | | Processos de separação dos componentes de uma mistura. | |

No que se refere à preparação das aulas, tanto na turma de ensino básico (7º ano) como na turma de ensino secundário (12º ano), foram elaboradas planificações que serviram de ponto de partida para a consecução das mesmas. As metodologias utilizadas, consoante o ano a lecionar, foram variadas, tendo em consideração o nível cognitivo dos alunos. O material de apoio para as aulas foi elaborado e explorado de forma a diversificar as estratégias utilizadas, cativar o interesse dos alunos e atingir os objetivos pretendidos em cada aula.

Na preparação e posterior lecionação de cada uma das aulas, foram tidos em conta uma série de aspetos:

- ✓ Abordagem dos temas lecionados numa perspetiva CTS-A e estabelecimento da ligação Ciência - Quotidiano;
- ✓ Estabelecimento de relações com outros domínios do saber;
- ✓ Estimulação do espírito crítico dos alunos;
- ✓ Clareza e rigor científico, quer no meu discurso oral, quer na escrita;
- ✓ Introdução de experiências demonstrativas e atividades práticas, proporcionando aos alunos um contacto mais próximo com a experimentação e com o trabalho laboratorial;

- ✓ Recurso às TIC, visto serem um excelente auxiliar no processo ensino-aprendizagem das ciências. Designadamente utilização de *software* e sensores para aquisição de dados em tempo real e máquina de calcular gráfica.
- ✓ Eliminação de determinadas conceções alternativas existentes por parte dos alunos relativamente ao tema a lecionar.

5.1. Componente de Química

Nesta secção apresentam-se todo o material referente a uma das aulas lecionadas na componente de Química, cujo tema constitui o objeto deste trabalho (figura 59).

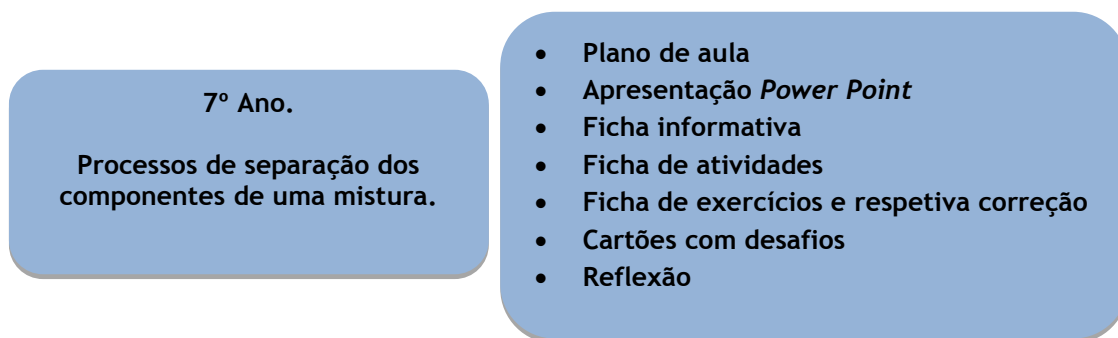


Figura 59 - Tema e respetivo material referente a uma das aulas de Química.

De seguida, apresenta-se o plano da aula em questão e respetiva reflexão da mesma. Em anexo (anexo II) encontra-se todo o material de apoio à aula, designadamente: a) apresentação em *Power Point*, b) ficha informativa, c) ficha de atividades, c) ficha de exercícios, d) correção da ficha de exercícios e e) cartões do desafio proposto.

- **Plano de Aula:**

DISCIPLINA DE Ciências Físico-Químicas
 Unidade Didática de Química: Domínio: Terra em Transformação.
 Subdomínio 3: Materiais.
 Tema: Processos de separação dos componentes de uma mistura.

Professora Estagiária: Carla Morais
 7º. Ano 3º Período
 Turma: A
 Data: 27/04/2012
 Duração: 90 minutos

Aula nº _
 Sumário:
 ✓ Processos de separação dos componentes de uma mistura.

Pré-requisitos

- Misturas homogéneas e heterogéneas.
- Mudanças de estados físicos da matéria: sólido, líquido e gasoso.
- Propriedades físicas das substâncias (ponto de ebulição, densidade, solubilidade, etc.).

| Conteúdos Programáticos | Objetivos Gerais | Objetivos Específicos | Recursos | Avaliação |
|--|---|---|--|---|
| <p>- Separação dos componentes de misturas heterogéneas sólidas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peneiração • Sublimação • Separação magnética • Extração por solvente <p>- Separação dos componentes de misturas heterogéneas sólido-líquido</p> <ul style="list-style-type: none"> • Decantação | <p>- Despertar a curiosidade, o entusiasmo e o interesse pela química.</p> <p>- Relacionar fenómenos do quotidiano com a química.</p> <p>- Desenvolver o raciocínio e o espírito crítico.</p> | <p>- Reconhecer que é possível separar os componentes de uma mistura recorrendo a processos físicos e que os mesmos não alteram a natureza dos componentes a separar.</p> <p>- Reconhecer a existência de processos de separação diferentes de acordo com o tipo de mistura: heterogénea sólida, heterogénea sólido-líquido, heterogénea líquida e homogénea líquida.</p> <p>- Compreender que a escolha de um processo de separação dos componentes de uma mistura deve ser feita tendo em conta as propriedades físicas dos componentes a separar e a finalidade da separação.</p> <p>- Caracterizar e executar corretamente alguns processos de separação dos componentes de misturas homogéneas e heterogéneas.</p> | <p>- Documento em <i>PowerPoint</i> (anexo II);</p> <p>- Ficha informativa (anexo II);</p> <p>- Ficha de atividades laboratoriais (anexo II);</p> <p>- Ficha de exercícios para trabalho de casa (anexo II);</p> <p>Materiais:</p> <p>- Computador e projetor;</p> <p>- Câmara de vídeo;</p> <p>- Cartões com a composição de misturas;</p> <p>- Peneiros com diferentes granulometrias e respetiva base;</p> <p>- Peneira;</p> <p>- Íman;</p> <p>- Mistura de iodo e areia;</p> <p>- Mistura de farinha e folhas de chá;</p> <p>- Mistura de vários objetos metálicos e não metálicos;</p> <p>- Mistura de enxofre e limalha de ferro;</p> | <p>- Pontualidade;</p> <p>- Comportamento;</p> <p>- Participação;</p> <p>- Empenho;</p> <p>- Ficha de atividades laboratoriais (anexo II);</p> <p>- Ficha informativa (anexo II);</p> <p>- Ficha de</p> |

| | | | | |
|--|--|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Filtração • Centrifugação <p>- Separação dos componentes de misturas heterogêneas líquidas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Decantação líquido/ líquido <p>- Separação dos componentes de misturas homogêneas líquidas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cristalização • Destilação simples • Destilação fracionada • Cromatografia • Liquefação | <p>- Desenvolver capacidades de observação, experimentação, avaliação e generalização.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer a necessidade de aplicar, para determinadas misturas, mais do que um processo de separação. - Selecionar, para situações concretas, o conjunto de processos adequados para separar os componentes de uma mistura simples, na sequência correta. - Identificar regras a cumprir na montagem correta dos materiais para uma destilação. - Interpretar a separação por destilação. - Reconhecer a aplicabilidade dos processos de separação estudados em situações do cotidiano, assim como a sua importância. - Partilhar e discutir os resultados obtidos nas atividades laboratoriais. - Conhecer e cumprir regras gerais de segurança no laboratório. - Identificar o material de laboratório necessário à execução dos processos de separação estudados. | <ul style="list-style-type: none"> - Mistura de areia, cloreto de sódio e pó de giz (5); - Mistura de azeite e água; - Corantes alimentares; - Papel de cromatografia; - Tubos capilares; - Placa de aquecimento; - Solução de cloreto de sódio a 1%; - Cristais de sulfato de cobre, sacarose e cloreto de sódio; - Tesoura; - Varetas (11); - Ampola de decantação; - Suportes universais (3) e argola (1); - Funis (5) e papel de filtro; - Suportes para funil (5); - Pipetas de Pasteur (5); - Tubos de centrifuga (6); - Centrifugadora; - Gobelés (11); - Gelo; - Esguichos com água destilada (5); - Manta de aquecimento; - Garras (2) e nozes (3); - Balão de destilação; - Cabeça de destilação; - Coluna de fracionamento; - Termómetro com adaptador; - Condensador e tubos de borracha (2); - Pedacos de porcelana porosa; - Erlenmeyer. | <p>exercícios para trabalho de casa (anexo II).</p> |
|--|--|--|---|---|

| Operacionalização / Desenvolvimento da Aula | | |
|---|--|-------------|
| Professor | Aluno | Tempo (min) |
| - Dá indicação aos alunos para vestirem a bata. | - Veste a bata | 0,2 |
| - Apresenta o sumário. | - Transcreve para o caderno | 0,3 |
| - Introduz o tema, salientando: <ul style="list-style-type: none"> • Importância/necessidade da aplicação dos processos de separação de misturas; • O facto dos mesmos serem processos físicos que não alteram a natureza dos componentes que se pretendem separar; • O facto da escolha dos processos de separação ser feita de acordo com: a) o tipo de mistura (heterogénea sólida, heterogénea sólido-líquido, heterogénea líquida); b) as propriedades físicas dos seus componentes (ex.: ponto de ebulição, densidade, solubilidade, etc.) e c) a finalidade da separação (recuperação de todos os componentes da mistura ou recuperação de algum em particular). • A necessidade de executar mais do que um processo de separação, na ordem devida, para separar e recuperar os componentes de uma mistura. | - Ouve e observa atentamente. - Interage com o professor. | 3 |
| - Distribui aos alunos uma ficha informativa (anexo II), onde se encontram listados todos os processos de separação a estudar. | - Recebe a ficha informativa (anexo II). | 2 |
| - Explica aos alunos que após tomarem conhecimento da maior parte dos processos mais usados, eles próprios vão realizar a separação das substâncias numa mistura. | - Ouve e observa atentamente. | 3 |
| - Descreve e demonstra os processos de separação para misturas heterogéneas sólidas, acompanhando com a ficha informativa (anexo II) e uma apresentação em <i>PowerPoint</i> , referindo para cada caso: a) o objetivo da separação; b) a propriedade física que a permite; c) materiais e procedimento e d) aplicações ao quotidiano: | - Acompanha com a ficha informativa (anexo II) | 8 |
| A: Peneiração - mistura de farinha e folhas de chá; B: Separação magnética - mistura de vários objetos metálicos e não metálicos; C: Sublimação - mistura de iodo e areia; D: Extração por solvente - mistura de areia, cinza e cloreto de sódio. | - Interage com o professor. | 8 |
| - Distribui aos alunos a ficha de atividades laboratoriais (anexo II) e acompanha na exploração da AL1. Extração por solvente. | - Recebe a ficha de atividades laboratoriais (anexo II). | 2 |
| - Refere que nos exemplos dados anteriormente se estava na presença de misturas heterogéneas sólidas sendo | - Responde às questões. | 2 |

| | | |
|---|--|--|
| <p>necessário usar processos diferentes para separação de misturas heterogêneas líquidas, referindo:</p> <p>E: Decantação líquido-líquido - mistura de azeite e água.</p> <p>- Acompanha com a ficha informativa (anexo II) e a apresentação em <i>PowerPoint</i>, referindo para o processo de separação em questão: a) o objetivo da separação; b) a propriedade física que a permite; c) materiais e procedimento e d) aplicações ao cotidiano.</p> <p>- Passa a citar os processos de separação para misturas heterogêneas sólido/líquido, acompanhando com a ficha informativa (anexo II) e a apresentação em <i>PowerPoint</i>, referindo para cada processo: a) o objetivo da separação; b) a propriedade física que a permite e d) aplicações ao cotidiano.</p> <p>F: Decantação G: Filtração (Destina uma atividade para casa: dobrar papel dos 2 modos usados para dobrar o papel de filtro: liso e em pregas) H: Centrifugação</p> <p>- Conclui a listagem dos processos incluídos na ficha resumo com processos de separação específicos das misturas homogêneas líquidas:</p> <p>I: Cristalização: mistura de cloreto de sódio e água; mistura de sulfato de cobre e água J: Cromatografia: corantes alimentares L: Destilação simples: cloreto de sódio e água M: Destilação fracionada: petróleo N: Liquefação: ar</p> <p>- Acompanha com a ficha informativa (anexo II) e a apresentação em <i>PowerPoint</i>, referindo para cada processo de separação: a) o objetivo da separação; b) a propriedade física que a permite; c) materiais e procedimento e d) aplicações ao cotidiano.</p> <p>- Salienta que quando se pretende separar os componentes de uma mistura deve-se: 1) listar as propriedades dos componentes; 2) escolher os processos adequados: i) às propriedades; ii) estados físicos e iii) aos componentes que se pretendem recuperar e 3) elaborar um diagrama com a sequência dos processos a aplicar entre a mistura inicial e as substâncias finais separadas.</p> <p>- Exemplifica o método para uma mistura, apresentando o diagrama respetivo.</p> | <p>- Ouve e observa atentamente. - Interage com o professor.</p> <p>- Ouve e observa atentamente. - Acompanha com a ficha informativa (anexo II). - Interage com o professor.</p> <p>- Ouve e observa atentamente. - Interage com o professor.</p> <p>- Ouve e observa atentamente. - Interage com o professor.</p> | <p>3</p> <p>6</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>3</p> |
|---|--|--|

| | | |
|--|--|---|
| <p>- Divide os alunos em 4 grupos de 3 elementos e entrega a cada um dos grupos uma mistura de água salgada, areia e pó de giz.</p> <p>- Ajuda os alunos a escolher o 1º processo a utilizar e a começar a elaborar o diagrama.</p> <p>- Orienta os alunos na realização das atividades: AL2. Decantação sólido/líquido; AL3. Filtração e AL4. Centrifugação da ficha de atividades (anexo II), referindo para cada caso: a) materiais e procedimento e b) cuidados a ter/erros a evitar.</p> <p>- Realiza a destilação simples da mistura água e cloreto de sódio, montando todo o equipamento necessário e referindo os cuidados de segurança a ter, assim como outros aspetos: a) inclinação no condensador; b) posição do termómetro c) ligações à água e esgoto; d) adição de pedaços de porcelana porosa; e) aquecimento lento, etc. Acompanha com a ficha de atividades laboratoriais (anexo II): AL5. Destilação simples.</p> <p>- Solicita aos alunos que completem o diagrama da sequência de processos de separação para a mistura: cloreto de sódio, pó de giz e areia.</p> <p>- Distribui uma ficha de exercícios para trabalho de casa com questões sobre o tema (anexo II).</p> <p>- Dirige-se aos grupos para que um dos seus elementos alunos retire um cartão com a composição de uma mistura. Pede aos alunos que discutam entre eles os processos a usar para separar a mistura, antes de apresentarem a solução na aula seguinte.</p> <p>- Deseja bom trabalho e despede-se.</p> | <p>- Acompanha com a ficha de atividades laboratoriais (anexo II).</p> <p>- Executa os processos de separação: decantação, filtração e centrifugação.</p> <p>- Ouve e observa atentamente.</p> <p>- Interage com o professor.</p> <p>- Acompanha com a ficha de atividades laboratoriais (anexo II).</p> <p>- Completa o diagrama.</p> <p>- Recebe a ficha de trabalho para casa e despede-se.</p> | <p>6</p> <p>25</p> <p>12</p> <p>6,5</p> <p>0,5</p> <p>0,5</p> |
|--|--|---|

- **Reflexão da aula**

Considero que de um modo geral a aula correu bem, tendo-se a turma mostrado bastante empenhada e participativa. Os alunos mostraram interesse pelos conteúdos lecionados e considero que o facto de se estabelecer a constante relação entre os mesmos e o quotidiano, à semelhança de outras aulas já lecionadas, motivou os alunos.

A realização de experiências demonstrativas foi, na minha opinião, uma mais-valia, já que permitiu aos alunos visualizar praticamente todos os processos de separação de misturas estudados. Contudo, enquanto realizava a sublimação, com o objetivo de “ganhar tempo” avancei na aula, acabando por me esquecer do gobelé que deixei na placa de aquecimento, do qual me lembrei mais tarde quando questionada por um aluno acerca do mesmo. Apesar de ter corrido tudo bem, talvez devesse ter esperado 1 ou 2 minutos junto da placa de aquecimento e mostrar logo aos alunos como se conseguiu separar o iodo da areia. Enquanto realizava a cromatografia cometi também o erro de me colocar de costas para alguns alunos e de não prender o papel de filtro com uma mola quando colocado no solvente.

À semelhança do que tinha feito já noutras aulas, tive a preocupação de mostrar aos alunos de mais perto o que estava a acontecer, mostrando aos mesmos os processos de separação de misturas mais de perto ou passando o cromatograma pela turma para que todos o visualizassem.

A distribuição de uma ficha informativa aos alunos, em que se apresentava uma síntese dos conteúdos a abordar na aula, permitiu que os mesmos adquirissem um registo ordenado dos conteúdos já que foram acompanhando toda a aula com a mesma, além de servir também como ferramenta essencial para o seu estudo.

Quando referi o procedimento a ter antes de se proceder à separação dos componentes de uma mistura e elaborei com a turma um diagrama com a sequência dos processos a aplicar entre a mistura inicial (vinagre + azeite + arroz) e as substâncias finais separadas, foi com satisfação que verifiquei o *feedback* dos alunos. Isto porque os alunos acompanharam a elaboração do mesmo respondendo às questões que lhe iam sendo feitas e indicando corretamente a sequência dos processos de separação a utilizar, o que indica que perceberam os conteúdos lecionados.

Na parte prática da aula, os alunos dos diferentes grupos separaram os componentes de uma mistura realizando as técnicas de decantação, filtração e centrifugação. Considero que os alunos procederam à realização das mesmas de uma forma empenhada e cuidada, tendo na minha opinião sido importante ter efetuado a técnica ao mesmo tempo que os alunos e posteriormente ter ido junto de cada grupo de forma a corrigir eventuais erros que estavam a

cometer. Na realização da centrifugação, em que os alunos usaram pipetas de Pasteur, verificou-se alguma distração e brincadeira por parte dos mesmos, já que consideraram este material engraçado! O facto de os alunos irem acompanhando as técnicas realizadas com a ficha de atividades, onde colocavam o nome do material e respondiam a algumas questões permitiu que os mesmos apreendessem melhor o nome do material e respetivos procedimentos.

Considero que a turma acompanhou bem a realização da destilação e precedente montagem do equipamento, tendo ficando com a ideia de que os alunos adquiriram os conhecimentos que eu pretendia.

Aquando da realização do diagrama da sequência de processos de separação para a mistura cujos componentes foram separados pelos alunos (cloreto de sódio, pó de giz e areia), foi com agrado que verifiquei que a maioria dos alunos construiu de forma correta o mesmo, tanto que ao desenhá-lo no quadro enganei-me no nome de uma das técnicas utilizadas e uma das alunas deu logo conta, chamando a atenção para o facto, perguntando se estava correto o que tinha escrito no quadro.

A posterior resolução da ficha de trabalho entregue no final da aula, assim como a discussão em grupo da questão desafio (cartão entregue no final da aula), permitiu certamente aos alunos consolidar os conhecimentos adquiridos nesta aula.

5.2. Componente de Física

Nesta secção apresentam-se todo o material referente a uma das aulas lecionadas na componente de Física.

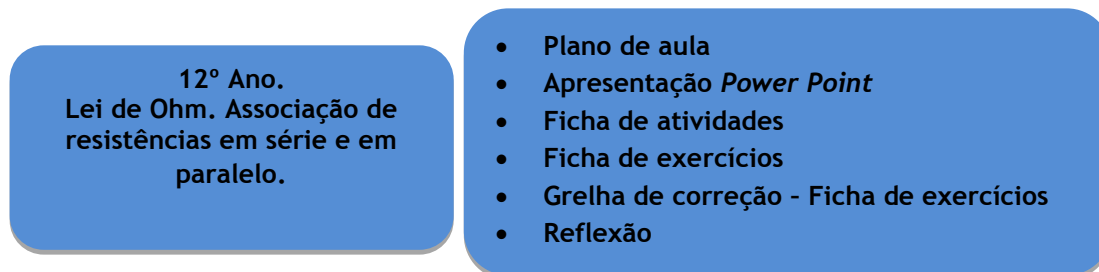


Figura 60 - Tema e respetivo material de uma das aulas lecionadas na componente de Física.

Em seguida apresenta-se o plano da aula em questão e respetiva reflexão da mesma. Em anexo (anexo II) encontra-se todo o material de apoio à aula, designadamente: a) apresentação em *Power Point*, b) ficha de atividades, c) ficha de exercícios e d) grelha de correção da ficha de exercícios.

- Plano de aula

DISCIPLINA DE FÍSICA**Unidade 2:** Eletricidade e Magnetismo.**Subunidade:** Circuitos elétricos.**Tema:** Lei de Ohm.

Associação de resistências em série e em paralelo.

Professora Estagiária: Carla Morais

12º. Ano

2º Período

Turmas A e B

Data: 09/03/2012

Duração: 90 minutos

Aula nº _
Sumário:

Lei de Ohm.

Associação de resistências em série e em paralelo.

| Conteúdos Programáticos | Objetivos Gerais | Objetivos Específicos | Recursos | Avaliação |
|--|--|---|---|---|
| <p>- Lei de Ohm.</p> <p>- Associação de resistências em série e em paralelo.</p> | <p>- Promover o conhecimento de conceitos e leis e a sua aplicação na explicação de fenômenos e de dispositivos tecnológicos.</p> <p>- Desenvolver capacidades de observação, experimentação, avaliação e generalização.</p> <p>- Desenvolver o raciocínio, o espírito crítico e a capacidade de resolver problemas.</p> | <p>- Enunciar e interpretar a lei de Ohm.</p> <p>- Identificar condutores ôhmicos e não ôhmicos com base nas suas curvas características obtidas experimentalmente.</p> <p>- Identificar num circuito as associações em série e em paralelo e determinar resistências equivalentes.</p> <p>- Calcular e verificar a resistência equivalente de uma associação de resistências em série e em paralelo, provando que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numa associação de resistências em série, a resistência equivalente é tanto maior quanto maior o número de resistências associadas. • Numa associação de resistências em paralelo, a resistência equivalente é tanto menor quanto maior o número de resistências associadas. • A resistência equivalente de n resistências iguais a R, associadas em paralelo, é igual a R/n. • Numa associação de resistências em paralelo, a resistência total será sempre menor do que o menor valor de resistência associada ao circuito. <p>- Verificar as relações entre I, U e R numa associação de resistências em paralelo e numa associação de resistências em série, aplicando a lei de Ohm a circuitos simples, com gerador ideal ($R \approx 0$) e recetores puramente resistivos.</p> | <p>- Documento em PowerPoint (anexo II);</p> <p>- Computador;</p> <p>- Projetor;</p> <p>- Programa Datastudio;</p> <p>- Material didático da Pasco (interface, circuito e sensor de diferença de potencial);</p> <p>- Díodo emissor de Luz (LED);</p> <p>- Crocodilos (2);</p> <p>- Lâmpadas de 3,8 V e respetivos suportes (6);</p> <p>- Resistências calibradas (15);</p> <p>- Condutores de ligação (27);</p> <p>- Pilhas de 4,5 V (5);</p> <p>- Multímetros (com funções de</p> | <p>- Pontualidade</p> <p>- Comportamento</p> <p>- Participação</p> <p>- Empenho</p> <p>- Ficha de trabalho (anexo II)</p> |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Verificar experimentalmente que num circuito a diferença de potencial entre os terminais do circuito é igual à soma das quedas de tensão ao longo do circuito. - Verificar experimentalmente que num circuito em paralelo, a carga total se divide, variando a intensidade de corrente, em cada ramo, na razão inversa dessa resistência. - Reconhecer as vantagens e as desvantagens de uma associação em série e de uma associação em paralelo e as suas aplicações ao nosso quotidiano. | <p>amperímetro, voltímetro e ohmímetro) (6).</p> | |
|--|--|--|--|--|

| Operacionalização / Desenvolvimento da Aula | | |
|--|------------------------------|-------------|
| Professor | Aluno | Tempo (min) |
| - Apresenta o sumário | | 0,5 |
| - Revê as noções de intensidade de corrente em regime estacionário, diferença de potencial e resistência de um condutor, interagindo com os alunos. | - Ouve atentamente. | 2 |
| - Expõe a relação existente entre estas três variáveis, verificada em 1826 por Georg Ohm e traduzida na Lei com o seu nome (Lei de Ohm), definindo condutores ôhmicos e condutores não ôhmicos. | - Interage com o professor. | 2 |
| - Questiona os alunos: “Tendo em conta o que já foi estudado, como procederiam para verificar experimentalmente a lei de Ohm?”. Discute as propostas com os mesmos. | - Transcreve para o caderno. | 3 |
| - Com recurso a material didático da PASCO e ao programa Datastudio, analisa com os alunos curvas características de quatro condutores com características diferentes (duas resistências, um diodo (LED) e o filamento de uma lâmpada de incandescência). | - Responde à questão. | 5 |
| - Discute com os alunos as relações de proporcionalidade existentes entre as variáveis e classifica os condutores analisados como ôhmicos e não ôhmicos. Para os vários condutores ôhmicos, relaciona o declive das retas obtidas com a resistência dos mesmos, salientando as diferenças entre gráficos U vs I ou I vs U . | | |
| - Salienta o facto de se obter uma curva característica não linear para o filamento de tungsténio de uma lâmpada de incandescência, explicando que tal se deve ao aquecimento do filamento: com o aumento da intensidade de corrente no filamento, a sua temperatura varia e a resistência também. Acrescenta ainda que se a temperatura se mantivesse constante (condição necessária para se verificar a Lei de Ohm) a resistência não iria variar (tungsténio é ôhmico). | - Ouve atentamente. | 1 |
| - Refere que ao longo da aula irão ser estudados circuitos elétricos simples, onde se pode aplicar a lei de Ohm. Salienta, que nesta fase do estudo se irão considerar: geradores ideais (não dissipam energia, quando atravessados pela carga: resistência interna ≈ 0) e recetores puramente resistivos (só há dissipação por calor-efeito de Joule). | - Interage com o professor. | 1 |
| - Refere que os diferentes elementos de um circuito podem estar associados em série (colocados em sequência), ou em paralelo (ligados em ramificações que partem do circuito principal). Aplica para resistências elétricas, para deduzir a expressão para calcular a resistência equivalente (R_{eq}) de associações: 1. em série: | - Ouve atentamente. | 1 |

| | | |
|--|--|----------|
| <p>- Com o auxílio de um esquema (representação de três resistências associadas em série), deduz a expressão da resistência equivalente.</p> | <p>- Interage com o professor.</p> | <p>5</p> |
| <p>- Apresenta um circuito com três resistências em série e pede aos alunos que façam um esquema representativo do mesmo. Verifica experimentalmente que a diferença de potencial entre os terminais da fonte (e do circuito) é igual à soma das quedas de tensão nas várias resistências. Ilustra o resultado através de um esquema. Informa os alunos do valor da intensidade de corrente que atravessa o circuito e pede aos mesmos que, aplicando a lei de Ohm, calculem o valor de cada uma das resistências. Pede ainda que calculem o valor da resistência equivalente e que desenhem o circuito equivalente.</p> | | <p>5</p> |
| <p>- Organiza os alunos em grupos de 2 e 3 elementos e orienta os mesmos no sentido de determinarem experimentalmente a resistência equivalente de 2 e de 3 resistências associadas em série, utilizando um ohmímetro (ficha de trabalho: parte 1- associação de resistências em série) (anexo II). Discute os resultados obtidos.</p> | <p>- Ouve atentamente. - Transcreve para o caderno.</p> | <p>5</p> |
| <p>- Faz o resumo das principais características de uma associação de resistências em série.</p> | <p>- Desenha os circuitos e faz os cálculos pedidos.</p> | <p>2</p> |
| <p>- Discute com os alunos as vantagens ou desvantagens que apresenta uma associação em série, questionando-os se seria viável, os aparelhos elétricos ou as lâmpadas estarem ligados desta forma em nossas casas.</p> | <p>- Realiza a atividade experimental e tira conclusões.</p> | |
| <p>- Com o auxílio de um circuito com três lâmpadas associadas em série, ilustra o que acontece às restantes lâmpadas se for desligada uma delas, assim como o que acontece ou ao brilho das mesmas, à medida que se adicionam mais lâmpadas ao circuito. Conclui, referindo que este tipo de associação de resistências não é conveniente para aparelhos elétricos numa residência, pois se um aparelho estivesse desligado ou deixasse de funcionar, interromper-se-ia todo o circuito. Acontece o mesmo com as lâmpadas, se uma funde todas as outras se apagam.</p> | <p>- Ouve atentamente. - Transcreve para o caderno.</p> | <p>5</p> |
| <p><u>2. em paralelo:</u></p> | <p>- Interage com o professor.</p> | |
| <p>- Com o auxílio de um esquema (representação de três resistências associadas em paralelo), deduz a expressão da resistência equivalente.</p> | <p>- Ouve e observa atentamente.</p> | <p>5</p> |
| <p>- Orienta os alunos no sentido de determinarem experimentalmente a resistência equivalente de duas e de três resistências iguais associadas em paralelo (ficha de trabalho: parte 2.1 - associação de resistências iguais em paralelo) (anexo I). Discute os resultados obtidos.</p> | | <p>7</p> |
| <p>- Orienta os alunos no sentido de determinarem experimentalmente a resistência equivalente de duas e de três resistências diferentes associadas em paralelo (ficha de trabalho: parte 2.2 - associação de resistências diferentes em paralelo) (anexo II). Discute os resultados obtidos.</p> | <p>- Ouve atentamente. - Transcreve para o caderno.</p> | <p>7</p> |

| | | |
|--|---|------------|
| <p>- Discute com os alunos as vantagens que apresenta uma associação em paralelo, ilustrando, com o auxílio de um circuito com três lâmpadas associadas desta forma, o que acontece às restantes lâmpadas se for desligada uma delas, assim como o que acontece ao brilho das mesmas à medida que se adicionam mais lâmpadas ao circuito. Conclui, referindo que nas nossas casas e noutros locais, os aparelhos elétricos são ligados em paralelo, pois se um dos aparelhos é desligado ou danificado os outros não sofrem nenhuma alteração no seu funcionamento. Refere que acontece o mesmo com as lâmpadas, pois o facto de uma delas se fundir ou apagar não interfere com as restantes.</p> | <p>- Realiza a atividade experimental e tira conclusões.</p> | <p>3</p> |
| <p>- Coloca a questão:” Porque que é que a luz “vai abaixo” quando ligamos muitos equipamentos com elevada potência ao mesmo tempo?” Discute a questão com os alunos e conclui referindo que nesse caso se estão a associar muitos equipamentos em paralelo, logo muitas resistências em paralelo, diminuindo o valor da resistência equivalente e aumentando o valor da corrente elétrica que atravessa o circuito principal (lei de Ohm). E que por uma questão de segurança, e proteção dos equipamentos, os quadros elétricos têm disjuntores que interrompem a passagem de corrente quando a intensidade da corrente no circuito atinge um determinado valor. Refere que os fusíveis presentes em determinados aparelhos têm a mesma função, com diferença de ficarem inutilizados. Mostra aos alunos dois tipos de fusíveis.</p> | <p>- Realiza a atividade experimental e tira conclusões. - Ouve e observa atentamente.</p> | <p>3</p> |
| <p>- Orienta os alunos no sentido de verificarem experimentalmente as relações entre intensidade de corrente (I), diferença de potencial (U) e resistência elétrica (R) numa associação de resistências em paralelo, aplicando a lei de Ohm, provando que $I = I_1 + I_2$ e que $I_1/I_2 = R_2/R_1$ (ficha de trabalho: parte 3 - lei de Ohm num circuito com resistências em paralelo) (anexo II). Discute os resultados obtidos.</p> | <p>- Responde à questão/interage com o professor.</p> | <p>25</p> |
| <p>- Faz o resumo das principais características de uma associação de resistências em paralelo.</p> | <p>- Realiza a atividade experimental e tira conclusões.</p> | <p>1</p> |
| <p>- Pede aos alunos para justificarem a forma como ligaram o amperímetro (série) e o voltímetro (paralelo), com base na lei de Ohm.</p> | <p>- Ouve atentamente. - Transcreve para o caderno.</p> | <p>1</p> |
| <p>- Entrega uma ficha de exercícios para resolverem como trabalho de casa (anexo II) e despede-se dos alunos.</p> | <p>- Justifica a forma como se deve ligar um amperímetro e um voltímetro.</p> | <p>1,5</p> |

- Reflexão da aula

Esta aula foi muito preparada por mim, pois foi a última aula de física e na anterior (Princípio de Bernoulli), tinha sentido que o meu desempenho poderia ter sido bem melhor. Aqui, a escrita de um minucioso guião, além do plano de aula, facilitou-me a preparação da mesma.

O plano desta aula foi cumprido e considero que as atividades práticas propostas, valorizaram e dinamizaram muito a aula, tornando-a bastante interessante para os alunos.

Após rever as noções de intensidade de corrente em regime estacionário, diferença de potencial e resistência de um condutor, interagindo com os alunos, expus a relação existente entre estas três variáveis, traduzida na Lei de Ohm, definindo condutores ôhmicos e não ôhmicos. Aqui, a utilização do material didático da PASCO e do programa Datastudio, que permitiram analisar com os alunos curvas características de quatro condutores com características diferentes, resultou muito bem. As relações existentes foram discutidas com os alunos e os mesmos classificaram corretamente os condutores em ôhmicos e não ôhmicos. Os alunos relacionaram também corretamente o declive das retas obtidas com a resistência dos condutores.

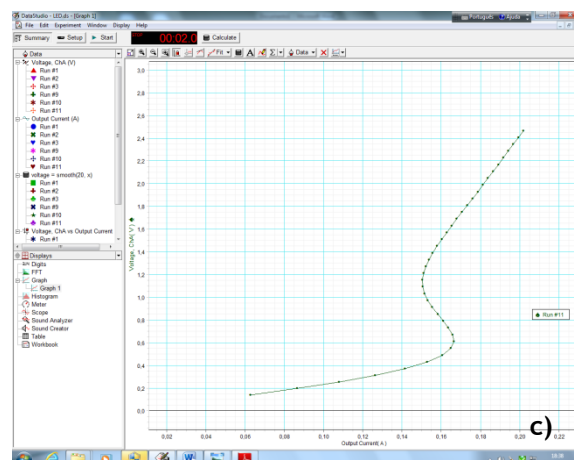
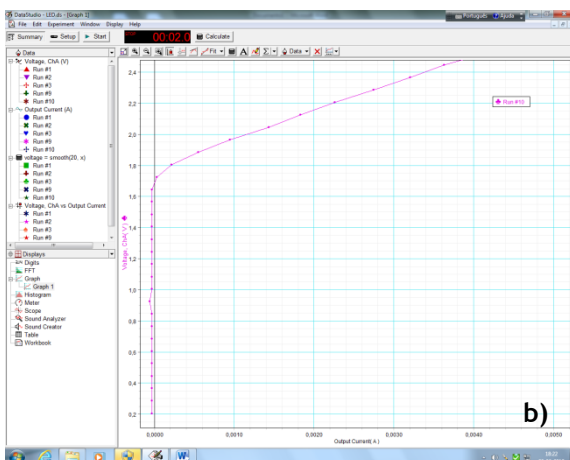
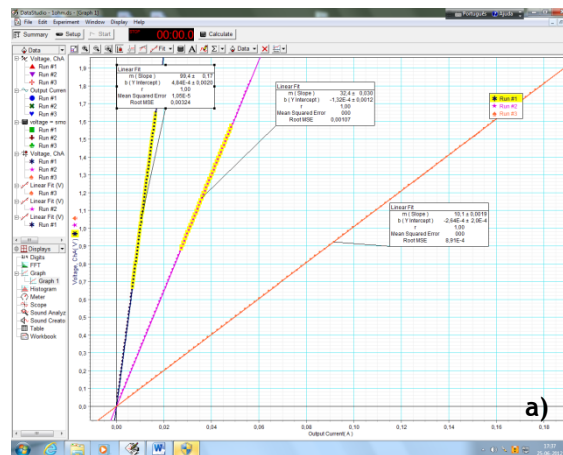


Figura 61 - Curvas características obtidas na aula a) resistências, b) díodo (LED) e c) filamento de uma lâmpada de incandescência.

Após referir que os diferentes elementos de um circuito podem estar associados em série ou em paralelo, deduzi a expressão para calcular a resistência equivalente de associações em série e em paralelo, as quais os alunos acompanharam perfeitamente.

As atividades práticas propostas foram muito importantes para os alunos acompanharem os conteúdos abordados. O facto de, em grupo, manusearem o material, discutirem os resultados obtidos e tirarem conclusões, foi um aspeto muito positivo da aula. Contudo, a minha preocupação em cumprir o plano de aula, a par com algum “medo” na obtenção de resultados muito diferentes daqueles que eu esperava (os obtidos quando testei as atividades ou teóricos), fez com que fosse avançando rápido de mais na aula, devendo ter dado aos alunos mais tempo para experimentarem, analisarem e tirarem conclusões. Os resultados experimentais nunca são iguais aos teóricos e as diferenças entre os valores são perfeitamente normais, devendo ter estado mais tranquila em relação a este aspeto.

Ao longo da aula foram sendo feitas sínteses, o que permitiu aos alunos consolidar os conceitos abordados.

Capítulo 6. Conclusão

Este trabalho apresenta contribuições de diversas índoles, que em conjunto se traduzem num enriquecimento a nível pessoal e profissional. A sustentação teórica ao tema Processos Físicos de Separação dos Componentes de uma Mistura, aleada às sugestões e análise crítica efetuada ao longo da mesma, permitem refletir sobre a forma como este tema é abordado no currículo do ensino básico e no programa do ensino secundário; lecionado nas nossas escolas e apresentado nos manuais escolares adotados.

É essencial que o professor conheça e compreenda bem os conteúdos a lecionar e o modo como estes se articulam. Compete ao mesmo criar aulas enriquecedoras, procurar estratégias de trabalho inovadoras, atividades diversificadas e conceber materiais apelativos para as suas aulas, de forma a suscitar o interesse e motivar a participação dos alunos, facilitando assim a sua aprendizagem. Possivelmente, nem sempre será possível alcançar estes objetivos, assim como responder às expectativas de todos os alunos, porém, penso que o caminho pode eventualmente ser encontrado quando o professor é crítico em relação a si próprio e procura sempre “fazer ainda melhor”. Para tal, cabe-lhe consolidar/aprofundar e atualizar os seus conhecimentos e debruçar-se sobre o seu desempenho pedagógico, modificando ou corrigindo a sua atuação na construção de um melhor professor.

O trabalho como um todo constitui um documento útil para ser usado por professores e alunos, não só como recurso didático-científico, mas também como elemento promotor de novas sugestões com vista a melhorar o processo de ensino-aprendizagem.

A proposta de trabalho sugerida para desenvolver com os alunos fora do horário letivo, não chegou a ser aplicada, já que o ano letivo se encontrava a terminar. Contudo, apesar de se destinar a alunos do ensino básico, alterando a profundidade de abordagem dos assuntos, poderá também ser aplicada ao ensino secundário, mais concretamente ao 10º ano de escolaridade, uma vez que neste nível é lecionada a unidade: do sol ao aquecimento.

Bibliografia

Al-Hinai, H. Al-Nassri, M. S., Jubran, B.A. (2002). Parametric investigation of a double-effect solar still in comparison with a single-effect solar still. *Desalination*. 150. 75-83.

Atkins, P. (2001). *The Elements of Physical Chemistry*. 3rd ed. Oxford University Press. London.

Basset, J., Denney, R.C., Jeffery, G.H. & Mendham, J. (1981). *Vogel. Análise Inorgânica Quantitativa*, Ed Guanabara Dois SA, Rio de Janeiro.

Batista, E.F.; Santos, V.B. e Fatibello, O. (2009). Construção e Aplicação de um Destilador como Alternativa Simples e Criativa para a Compreensão dos Fenômenos Ocorridos no Processo de Destilação. *Química Nova na Escola*. 31 (1).

Beltran, M.H.R. (1996). Destilação: a arte de “extrair virtudes”. *Química nova na Escola*. Nº 4.

Bezerra, A. M. (2001). *Aplicações Térmicas da Energia Solar*. Editora Universitária UFPB. 4^a ed, João Pessoa, PB.

Bezerra, M.A.S., Melo, J.L.S., Melo, H. N.S. e Jucá, T.D.A. (2003). Estudo das taxas de evaporação em destilador solar duas águas com inclinação de 20° e 45°. End.: R.Maxaranguape, 910, São Paulo.

Bezerra, M.A.S. (2004). Desenvolvimento de um destilador solar para tratamento de águas de produção de petróleo com vista a sua utilização na agricultura e geração de vapor. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.

Brinck, N.C.P. (2009). Avaliação do tipo de material filtrante no comportamento de filtros rápidos de camada profunda no tratamento de águas de abastecimento. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

Carvalhosa, M.C., Pinto, B.M. & Guimarães, M.F. (2000). *Técnicas Laboratoriais de Física*, Bloco I, Ensino Secundário. Porto Editora, Porto.

Cavaleiro, M.N. e Beleza, M.D. (2012). *Novo FQ7.Ciências Físico Químicas 7º ano de escolaridade*. Edições ASA, Porto.

Costa, S.; Fiolhais, C.; Fiolhais, M.; Gil, M.; Morais, C. e Paiva, J. (2012). Universo FQ. Ciências Físico Químicas 7º ano. Texto Editora, Lisboa.

Chang, R. (1998). *Química*. 5ª Edição. McGraw-Hill.

Dantas, M. e Ramalho, M. (2008). Jogo de Partículas A. Física e Química A - Bloco I. Texto Editores. Lisboa.

Degani, A.L.G.; Cass, Q.B. e Vieira, P. C.(1998). Cromatografia: Um Breve Ensaio. Química Nova na Escola. Nº7.

Delyannis, E.E; Belessiotis, V. (1995). Desalination & Water Reuse v.28, p.1-5.

Dias, J.M.A. (2004). A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos - Uma Introdução à Oceanografia Geológica. Retirado a 20 de junho de 2012 do website:
http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/eb_Sediment.html

Dickson, T.R. (2000). Introduction to chemistry. 8th ed. John Wiley & Sons. N.Y.

Eichler, M. L., Parrat-Dayana, S., Fagundes, L. C. (2008). Concepções de Adolescentes sobre a Sublimação do Iodo. Investigações em Ensino de Ciências - V13 (1), 95-126.

Erie, P.S. (2007). Distillations. The Behrend College. Retirado a 12 de julho de 2012 do website:
<http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fchemistry.bd.psu.edu%2Fjustik%2FCHEM%2520202203%2FCHEM%2520203%2520Distillation%2520Lecture.ppt&ei=wK5UJqJMojChAeuilHIBg&usg=AFQjCNGPL9mPWxbPI9IRGExwQri34Tw7Cw&sig2=COAjqSMacADcq1GBwMGGAQ>

Fernandes, N.M.G. (2007). Influência do pH de Coagulação e dosagem de sulfato de alumínio na remoção de oocistos de *Cryptosporidium* por filtração direta descendente. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília. Brasília.

Fiolhais, C., Fiolhais, M., Gil, V., Paiva, J., Morais, C. & Costa, S. (2006). 7CFQ. Texto Editores, Lisboa.

Fiolhais, C., Fiolhais, M., Gil, V., Paiva, J., Morais, C. & Costa, S. (2006). 7CFQ, Livro de Apoio ao Professor. Texto Editores, Lisboa.

Fuentes, R. e Routh, P. (1997). Teoría de La Destilación Solar en Vacío. Revista Facultad de Ingeniería, vol. 4, U. T. A., Chile.

Galvão, C., Neves, A., Freire, A., Lopes, A., Santos, M., Vilela, M., Oliveira, M. e Pereira, M. (2001). Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico. Ciências Físicas e Naturais. Ministério da Educação. Retirado do website a 23 de Outubro de 2012
<http://www.dgicd.min-edu.pt/ensinobasico/index.php?s=directorio&pid=51>

Garret, J.S. (2000). Introduction to Chromatographic Separations”, On-line Course (CEM333) in Michigan State University.

Geankoplis, J. (1993). Transport Process and Unit Operations. Third Edition. Prentice-Hall International. London.

Gomide, R. (1980). Operações unitárias. 1º e 3º Vol. 2º Edição. Edição de autor. São Paulo. 1980.

Gonçalves, F. e Fernandes, C. (2010). Narrativas Acerca da Prática de Ensino de Química: Um Diálogo na Formação Inicial de Professores. Química Nova na Escola. Vol. 32 (2).

Hill, G.C. & Holman, J.S. (1981). *Chemistry in Context*. Nelson International. London.

Jani, S.J.; Grootcholten, P.A.M. (1984). Industrial crystallization”, Delft University Press, Kluwer Academic Pub., 1984.

Leal, I.M e Leal, J.P. (2003). Sublimação Inversa, o que é isso?. Revista da Sociedade Portuguesa de Química. nº 90.

Lemes, A.F.G., Souza, K.A.F. e Cardoso, A.A. (2010). Representações para o Processo de Dissolução em Livros Didáticos de Química: o Caso do PNLEM. Química Nova na Escola. Nº 3. Volume 32.

Macedo, H. (1996). *Tratamento de águas com altas concentrações de cloretos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Maciel, N; Miranda, A., Ruas, F. & Marques, M.C. (2006); “Eu e o Planeta Azul”, Porto Editora, Porto.

Maciel, N; Miranda, A., Ruas, F. & Marques, M.C. (2006); “Eu e o Planeta Azul, Caderno de Apoio ao Professor”, Porto Editora, Porto.

Malik A S (1982). *Solar Distillation'* - Pergamon Press. Provides a comprehensive technical text.

Maluf, A.P. (2005). *Destiladores Solares no Brasil.* Monografia de Pós-Graduação em Fontes Alternativas de Energia. Minas Gerais.

Martins, I., Costa, J., Lopes, J., Magalhães, M., Simões, M. e Simões, T. (2001). Programa de Física e Química A - 10º Ano. Ministério da Educação. Retirado do website a 14 de junho de 2012: www.dgidec.min-edu.pt/

McCabe & Smith (2000). *Unit Operations of Chemical Engineering*”, McGraw-Hill, N. Y.

Mccabe, W.; Smith, J. C. e Harriot, P. (1991). *Operaciones Unitárias en Ingeniería Química.* MacGraw-Hill. Madrid.

Medugu, D.W e Ndatuwong, L. G. (2009). *Theoretical analysis of water distillation using solar Still.* International Journal of Physical Sciences Vol. 4 (11), pp. 705-712.

Mendonça, L. S., Dantas, M. C. & Ramalho, M. D. (2002). *Terra mãe CFQ.* Texto Editora, Lisboa.

Mendonça, L. S., Dantas, M. C. & Ramalho, M. D. (2002). *Terra mãe CFQ,* Guião do Professor. Texto Editora, Lisboa.

Menezes, M. & Curto, M. (1996). *Técnicas Laboratoriais de Química.* Bloco I: ensino secundário. Lisboa: Lisboa Editora.

Mersmann, A. (2001). *Crystallization Technology Handbook,* 2ª ed., CRC Pub.

Mussoi, 2007: eletromagnetismo apostila Retirado do website a 4 de setembro de 2012:
https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/8/8e/Apostila_Eletromagnetismo_CEFET.pdf

Nandwani, S.S. (2007). *Destilador Solar - construccion, funcionamiento e uso.* Departamento de Física. Universidad Nacional, Heredia. Costa Rica.

Neves, H. (1977). *Técnicas laboratoriais Avançadas.* Universidade Nova de Lisboa. 2ª Ed., Lisboa.

Neves, L (2007): disciplina de Física aplicada. Retirado do website a 4 de setembro de 2012:
<http://pt.scribd.com/doc/24321585/Aula-de-Centrifugacao>

Oxtoby, D.W., Freeman, W.A. e Block, T.F. (2003). Chemistry - Science of Change. 4th ed. Thomson Brooks/Cole Eds. Pacific Grove.

PERRY, R., GREEN, D. (1999). Perry's Chemical Engineers. Handbook. MacGraw-Hill. New York.

Pinto, H.C., Carvalho, M.J. & Fialho, M.M. (1996). *Técnicas Laboratoriais de Química I*, Ensino Secundário. Texto Editora, Lisboa.

Pimentel, G.C. (1978). Química - Uma Ciência Experimental. 3^a edição. Fundação Calouste Gulbenkian. Porto.

Pombeiro, A.J.L.O. (1998). Técnicas e Operações Unitárias em Química Laboratorial. 3^a edição. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.

Póvoa, A. (2008). Atividades envolvendo os pais no ensino de Química: uma experiência no 7^o ano. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Química para o Ensino. Faculdade de ciências da Universidade do Porto.

Prieto, F.B. (1995). El laboratorio de Química. 2^a edição. Gráficas Cervantes, S.A. Salamanca.

Rajiv M. Jorapur and Anil K. Rajvanshi. (1991). Alcohol Distillation by Solar Energy. Published in ISES Solar World Congress Proceedings, Pergamon Press. Vol. I, Part II. Pp. 772-777.

Ribeiro da Silva (1990). Introdução à Química Experimental, Editora. McGraw Hill, Ld., São Paulo.

Rebelo, A.A. & Rebelo, F. (2010). *Terra.lab*, Parte 1. Lisboa Editora, Lisboa.

Rebelo, A.A. & Rebelo, F. (2010). *Terra.lab*, Parte 2. Lisboa Editora. Lisboa.

Rebelo, A.A. & Rebelo, F. (2010). *Terra.lab*, Livro do Professor. Lisboa Editora, Lisboa.

Reger, D., Goode, S., Mercer, E. (1997). Química: Princípios e aplicações. Fundação Calouste Gulbenkian.

Rodrigues, M.M. & Dias, F.M. (2011). *Física e Química na Nossa Vida*, 7.º ano. Porto Editora, Porto.

Rodrigues, M.M. & Dias, F.M. (2011). *Física e Química na Nossa Vida*, 7.º ano, Guia do Professor. Porto Editora, Porto.

Sardella, A e Mateus, E. (1982). *Química Fundamental*. Segundo Grau. Volume 1. Editora Ática. São Paulo.

Santana, E.G. & Garcia, A.F. (2012). A radiação do corpo negro. Retirado a 28 de Agosto do website:

<http://www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/cuantica/negro/radiacion/radiacion.htm#EL%20cuerpo%20negro>

Simões, T.S, Queirós, M.A. & Simões, M.O. (1999). *Técnicas laboratoriais de Química - Bloco I*. Porto Editora. Porto

Teixeira, C. (1999). Os Cristais no Ensino e Divulgação da Química. Retirado do website a 4 de setembro de 2012: <http://web.ist.utl.pt/~clementina/cristais1/25-2.pdf>

Ulaby, F.T. (2007). *Eletromagnetismo para engenheiros*. Brookman. São Paulo. Retirado do website a 4 de setembro de 2012:

http://books.google.pt/books?id=lkUBCDPZHAC&pg=PR3&lpg=PR3&dq=Fawwaz+T.+Ulaby%3B+%22Etromagnetismo+para+engenheiros%22&source=bl&ots=HuvE86i2pA&sig=eOLgK oH7jFinL7uVr4aykAXAc&hl=ptBR&redir_esc=y#v=onepage&q=Fawwaz%20T.%20Ulaby%3B%20%22Etromagnetismo%20para%20engenheiros%22&f=false

Valanides, N. (2000). Primary Student Teachers' Understanding of the Process and effects of Distillation. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*. Vol 1. (3), 355-364.

Ventura, G., Fiolhais, M., Fiolhais, C. Paiva, J. e Ferreira, A.J. (2007). 10 F B. *Física e Química B. Física*. Texto Editores. Lisboa.

Metas de aprendizagem para o ensino básico - 3.º Ciclo / Ciências Físico-Químicas: disponível em: https://docs.google.com/document/preview?hgd=1&id=192UFTH_vl4WWWbMJ9ww12lXfQWqMnNO8vJG1legAf-Y&pli=1

Experimento mundial para el Año Internacional de la Química **Construcción de un alambique solar**. Retirado do Website a 12 de junho de 2012. <http://water.chemistry2011.org>

http://nautilus.fis.uc.pt/softc/Read_c/RV/virtual_water/articles/art3/art3.html (consultado a 10 de junho de 2012)

<http://www.dfte.ufrn.br/arquivos/apostilas/fis0316.pdf> (consultado a 12 de julho de 2012)

<http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/filamentresistance/> (consultado a 25 de julho de 2012)

<http://www.educacao.te.pt/jovem/index.jsp?p=117&idArtigo=330> (consultado a 22 de agosto de 2012)

<http://www.acefesa.es/filtra/filtracion.pdf> (consultado a 22 de julho de 2012)

<http://pt.scribd.com/doc/44670664/Cristalizacao-nosso> (consultado a 4 de setembro de 2012)

<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/almanaque/271-densidade-de-alguns-liquidos-a-20-graus-celsius.html> (consultado a 22 de julho de 2012)

<http://mrged.flexinet.com.au/download/chem11/t12k7/RDGfiltration.pdf> (consultado a 25 de julho de 2012)

ANEXOS

ANEXO I: Processos físicos de separação dos componentes de uma mistura

- (Pág. 31)

Tabela 4 - Características de solubilidade de compostos iônicos em água a 25°C.

| |
|---|
| 1. Todos os metais alcalinos (Grupo 1A) são solúveis. |
| 2. Todos os compostos de amônio (NH_4^+) são solúveis. |
| 3. Todos os compostos que contêm ião nitrato (NO_3^-), clorato (ClO_3^-) e perclorato (ClO_4^-) são solúveis. |
| 4. A maioria dos hidróxidos (OH^-) é insolúvel. As exceções são os hidróxidos de metais alcalinos e o hidróxido de bário [$\text{Ba}(\text{OH})_2$]. O hidróxido de cálcio [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] é pouco solúvel. |
| 5. A maioria dos compostos que contêm iões cloreto (Cl^-), brometo (Br^-) ou iodeto (I^-) é solúvel. As exceções são os compostos que contêm Ag^+ , Hg_2^{2+} e Pb^{2+} . |
| 6. Todos os carbonatos (CO_3^{2-}), fosfatos (PO_4^{3-}) e sulfitos (S^{2-}) são insolúveis. As exceções são os compostos de amônio e de metais alcalinos. |
| 7. A maioria dos sulfatos (SO_4^{2-}) é solúvel. O sulfato de cálcio (CaSO_4) e o sulfato de prata (AgSO_4) são pouco solúveis. O sulfato de bário (BaSO_4), o sulfato de mercúrio (II) (HgSO_4) e o sulfato de chumbo (PbSO_4) são insolúveis. |

[in: Chang, 1998]

- (Pág. 34)

O movimento de cada partícula esférica durante o processo de sedimentação, pode ser expresso pela expressão a1 (Dias, 2004):

$$6 r \eta v = 4/3 r^3 \pi (\rho_s - \rho_f) g \quad (\text{a1})$$

Sendo:

η : Coeficiente de viscosidade do fluído;

r : raio da partícula esfera;

v : velocidade terminal;

g : aceleração da gravidade;

ρ_s : densidade da partícula esférica;

ρ_f : densidade do fluido.

Resolvendo a equação em ordem a v , obtêm-se a expressão clássica da Lei de Stokes:

$$v = \frac{2}{9} g \frac{(\rho_s - \rho_f)}{\eta} r^2 \quad (a2)$$

Onde:

V : velocidade de sedimentação das partículas;

g : aceleração da gravidade;

ρ_s : densidade das partículas;

ρ_f : densidade do fluido.

- (Pág. 37)

Tabela 5 - Graus de porosidade e respetivas características dos papéis de filtro qualitativos.

| Grau | Caraterísticas e utilização |
|------|--|
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> • Usa-se em trabalhos de rotina e aconselha-se para trabalhos laboratoriais didáticos. • Retém partículas de tamanho médio (11 μm) e fluxo médio. • É utilizado em análises de solos e em análise qualitativa para separar precipitados, como sulfato de bário, oxalato de cálcio (quente) ou carbonato de cálcio. |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> • Tem maior retenção do que o papel de grau 1 (8 μm), com um conseqüente aumento de tempo de filtração. • É mais absorvente. |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Apresenta o dobro da espessura do nº 1, com retenção de partículas de menores dimensões (6 μm) e maior capacidade de carga. • É aconselhável para funis de Büchner. |
| 4 | <ul style="list-style-type: none"> • Permite filtrações muito rápidas, com excelente retenção de partículas dispersas e precipitados gelatinosos, tais como hidróxidos de ferro (III) e de alumínio. • Retém partículas de dimensões inferiores a 2,5 μm. • É muito usado para purificação de fluidos biológicos ou extratos orgânicos numa análise. |
| 5 | <ul style="list-style-type: none"> • É o grau máximo para filtração de partículas finas em análise qualitativa (2,5 μm). • O fluxo de líquido através do papel é lento. • É usado em análise de águas. |
| 6 | <ul style="list-style-type: none"> • Permite uma filtração duas vezes mais rápida que o nº 5. • Retém partículas de diâmetro cerca de 3 μm. • Usa-se em análises de águas. |

[in: Simões, 1999]

- (Pág. 38)

Processo de dobragem de um filtro liso

Para preparar um filtro liso, dobra-se o papel de filtro ao meio e novamente ao meio, de modo a fazer um ângulo de cerca de 10° e tendo o cuidado de não vincar o vértice. Posteriormente é feito o corte do papel de filtro num canto, para facilitar a aderência. Abre-se o papel em cone e coloca-se no funil de modo a que a parte superior do filtro contacte com o funil e o vértice do seu cone fique ligeiramente afastado do funil, deixando um espaço vazio (v) que, uma vez cheio de filtrado facilitará a filtração devido à sucção que aquele produz na sua queda (figura 62). Antes de se iniciar a filtração, o papel de filtro deve ser humedecido com o líquido a filtrar e deve ser feita uma ligeira pressão na parte superior do filtro contra a parede do funil, para uma aderência perfeita.

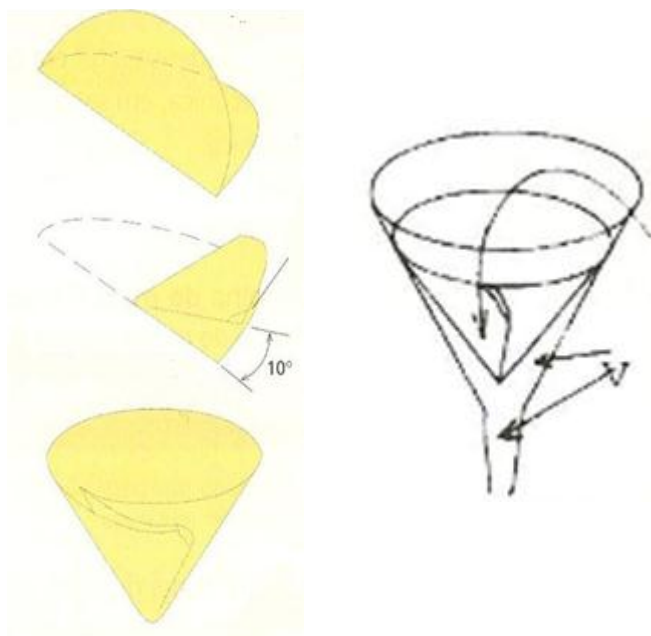


Figura 62 - Dobragem de papel de filtro liso e respetiva adaptação do mesmo a um funil (adaptado de Simões, 1999 e de Pombeiro, 1998).

Processo de dobragem de um filtro de pregas:

O papel de filtro de pregas pode ser preparado de vários modos. Na figura 63 apresentam-se duas formas distintas de dobrar o papel de filtro em pregas. No primeiro exemplo (a), o papel é dobrado ao meio e, em seguida, aberto, após o que é de novo dobrado a meio, no mesmo sentido e segundo a direção normal à da primeira dobragem: abre-se de novo o papel e o processo repete-se segundo as bissetrizes dos ângulos formados pelas direções das duas primeiras dobragens; procede-se em seguida a sucessivas dobragens em sentido oposto e segundo as bissetrizes dos ângulos das dobragens referidas anteriormente (figura 63 a)). Em

alternativa, o papel de filtro pode ser dobrado a meio e, em seguida, em quartos, após o que se torna a dobrar, no mesmo sentido, segundo a bissetriz de cada quarto (**Figura 63 b** I); depois é dobrado em sentido contrário de modo a sobrepor a aresta 01 a 04, após o que a aresta 05 é sobreposta à 02 (**Figura 63 b** II). O Papel é outra vez dobrado em sentido contrário ao da formação da aresta 02, e de forma a sobrepor 01 a 02, procedendo-se de modo correspondente com as arestas 05 e 04 (**Figura 63 b** III).

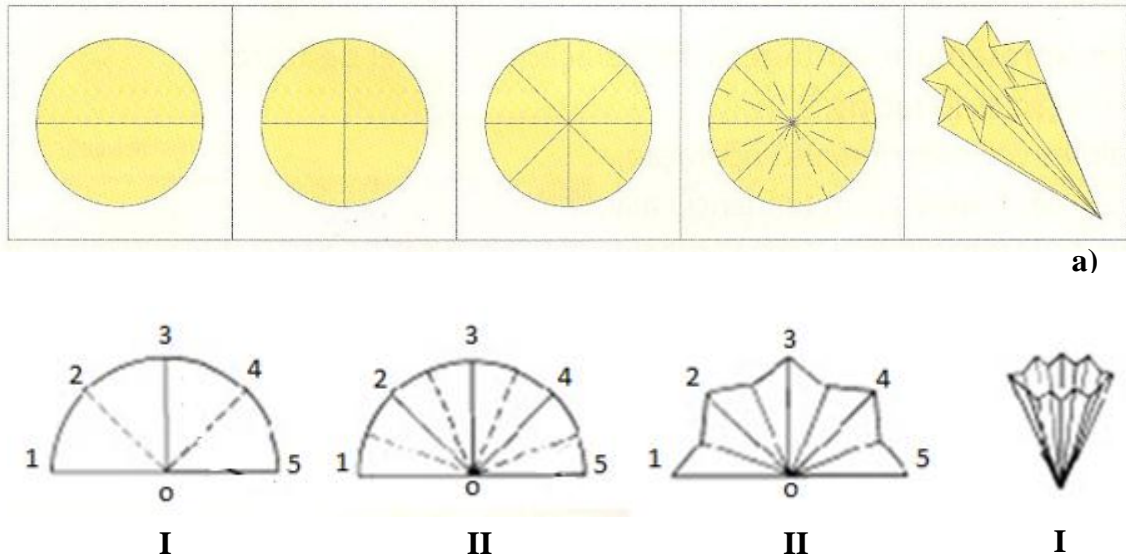


Figura 63 - Dobragem de papel de filtro de pregas (adaptado de Simões, 1999 e de Pombeiro, 1998).

- (Pág. 58)

Equação de Clausius-Clapeyron:

$$\ln \frac{P_1}{P_2} = \frac{\Delta H_{vap}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (\text{a3})$$

Sendo:

ΔH_{vap} = entalpia de vaporização molar;

R = constante dos gases ideais;

P1 = pressão de vapor à temperatura T1;

P2= pressão de vapor à temperatura T2;

T1 e T2 = Temperatura absoluta.

A equação (a3) é apenas válida para o equilíbrio líquido-vapor de uma substância pura. No caso de sistemas com mais de um componente, a composição das fases em equilíbrio é dada por outras leis, como a lei de Raoult e a lei de Dalton.

Lei de Raoult e lei de Dalton:

A uma dada temperatura, o equilíbrio entre uma solução ideal e um vapor ideal obedece à lei de Raoult, aplicável a cada componente do sistema. De acordo com esta lei, a pressão parcial de um solvente sobre uma solução, P_1 é dada pelo produto da pressão parcial de vapor do solvente puro, P_1^o , pela fração molar do solvente na solução, x_1 .

$$P_1 = x_1 P_1^o \quad (\mathbf{a4})$$

No caso de uma solução de dois componentes voláteis, A e B:

$$P_A = x_A P_A^o \quad P_B = x_B P_B^o \quad (\mathbf{a5})$$

Onde:

P_A e P_B são as pressões parciais dos componentes A e B na solução;

P_A^o e P_B^o são as pressões parciais de vapor das substâncias puras e x_A e x_B são as suas frações molares.

De acordo com a lei das pressões parciais de Dalton, a pressão total (P_T) e fração molar de A ou B na fase vapor (Y_A e Y_B), será:

$$P_T = P_A + P_B \quad (\mathbf{a6})$$

Assim, a composição do vapor respeitante a cada componente é dada por:

$$Y_A = P_A / P_T \quad Y_B = P_B / P_T \quad (\mathbf{a7})$$

A volatilidade de um dado componente não é mais do que a razão entre a sua fração molar na fase de vapor e a fração molar na fase líquida, assim, para o composto A:

$$\alpha_A = y_A / X_A \quad (\mathbf{a8})$$

Estas duas leis estão na base da utilização da destilação como técnica de separação e purificação de líquidos. As mesmas ilustram a forma como cada pressão de vapor dos componentes de uma mistura está relacionada com a sua fração molar na interface das fases líquida e de vapor. Quando uma mistura de diferentes líquidos voláteis é aquecida até à ebulição, os vapores condensados e recolhidos serão enriquecidos no (s) componente (s) mais volátil (teis), isto é, com maior pressão de vapor e menor ponto de ebulição.

A lei de Raoult é apenas válida para sistemas ideais, os quais podem ser definidos como aqueles que se formam a partir dos seus componentes (A e B), sem libertação ou absorção de

calor e sem variação de volume, o que só ocorrerá se as moléculas dos componentes forem similares. Neste caso as várias ações intermoleculares são do mesmo tipo e de intensidade análoga. São exemplos de soluções ideais, os sistemas: benzeno-tolueno, metanol-etanol, dibromoetano-dibromopropano ou propano-butano.

Combinando a lei de Raoult com a equação de Clausius-Clapeyron, para o componente A e B, vem:

$$Y_A = \frac{P_a}{P} x_a \quad Y_B = \frac{P_b}{P} x_b \quad (\text{a9})$$

Sendo a soma das frações molares de todos os componentes igual a um:

$$1 = X_A + X_B \quad (\text{a10})$$

Substituindo a equação para um componente único na Lei de Raoult:

$$X_B = 1 - X_A \quad (\text{a11})$$

Assim:

$$P_{atm} = X_A P_A + (1 - X_A) P_B \quad (\text{a12})$$

O rearranjo da expressão dá-nos a variação da fração molar versus pressão parcial e atmosférica:

$$X_A = \frac{P_{atm} - P_B}{(P_A - P_B)} \quad (\text{a13})$$

Anexo II: Prática de Ensino Supervisionado

Componente de Química: Aula Processos de Separação dos Componentes de uma Mistura

- Apresentação em *Power Point*:

Escola Secundária Frei Heitor Pinto

Processos de separação dos componentes de uma mistura

Professora Estagiária: Carla Morsis

Na Natureza os materiais raramente aparecem puros... São constituídos por vários componentes (substâncias)



É importante saber separar os componentes de uma mistura

Existem vários processos para separar os componentes de uma mistura

Todos eles são processos físicos que **não alteram a natureza (propriedades)** dos componentes que se pretendem separar

A escolha do processo de separação adequado deve ser feita de acordo com:

- Tipo de mistura**
- Propriedades físicas dos componentes**
- Finalidade da separação**

Geralmente...

É necessário executar mais do que um processo de separação, na ordem devida, para separar/recuperar os vários componentes de uma mistura

Misturas Heterogéneas Sólidas

| | |
|---|---|
| Peneiração  | Separação magnética  |
| Sublimação  | Extração por solvente  |

Peneiração

Baseia-se na diferença de tamanho das partículas dos componentes da mistura



Exemplos de misturas:
farinha + milho
cascalho + areia

7

Peneiração

Análise granulométrica de solos



Indústria panificadora:
separar o farelo da
farinha

8

Separação magnética

Permite separar um componente com propriedades magnéticas



Exemplos de misturas:
limalha de ferro + areia
clips + enxofre

9

Separação magnética

Indústria siderúrgica

Sucateiras



Estações de tratamento de
resíduos

10

Sublimação

Permite separar um componente que sublima facilmente.

Aquece-se a mistura onde se encontra a substância que sublima e esta passa do estado $s \rightarrow g$, separando-se da mistura. Por arrefecimento a substância sublima novamente: $g \rightarrow s$.



Exemplos de misturas: iodo + areia.

11

Sublimação

Indústria: purificação de
substâncias sólidas

O naftaleno, matéria prima utilizado no fabrico de corantes e resinas sintéticas é purificado industrialmente desta forma.



12

Extração por solvente

Baseia-se na diferente solubilidade dos componentes de uma mistura, num dado solvente.



Exemplos de misturas:
areia + cloreto de sódio
areia + sacarose

13

Extração por solvente

Extração da cafeína do café para obter café descafeinado



14

Misturas Heterogéneas Líquido/Líquido



Decantação Líquido/Líquido

15

Decantação líquido/líquido

Permite separar líquidos imiscíveis e com densidades bastante diferentes, utilizando uma ampola de decantação.

Exemplos de misturas: Azeite + água



16

Decantação líquido/líquido

Análises clínicas e químicas



17

Misturas Heterogéneas Sólido/Líquido

Decantação sólido/líquido



Filtração

Centrifugação



18

Decantação sólido/líquido

Baseia-se na maior **densidade** do sólido da mistura, o qual se deposita no fundo do recipiente, formando-se duas zonas distintas (fases).



Exemplos de misturas:
areia + água

19

Decantação sólido/líquido

Separação das
"borras" de café
ou de vinho

Estações de tratamento da
água da rede pública
(tanques de decantação)



Análise de solos

20

Filtração

Baseia-se na maior **dimensão das partículas** da fase sólida que se encontram em suspensão no líquido e que ficam retidas num filtro.



Exemplos de misturas:
Partículas de areia em suspensão + água
Farelo + sumo de laranja

21

Filtração



Máquinas de café



Aspiradores Filtros dos automóveis

Medicina: hemodiálise



Estações de tratamento de água

22

Centrifugação

É utilizada uma centrífuga que por rotação, permite que as partículas sólidas em suspensão num líquido (com uma maior **densidade**) se depositem no fundo do tubo de centrífuga



Exemplos de misturas:
cinza + água
pó de giz + água.

23

Centrifugação

Laboratórios de análises
clínicas: separar os
componentes do sangue.



Indústria dos laticínios:
separação da nata do leite para
o fabrico de manteiga

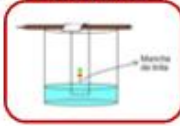
24

Misturas Homogêneas Líquidas

Cristalização

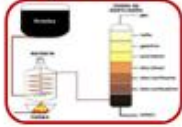
Destilação simples

Cromatografia



Destilação fracionada

Liquefação



25

Cristalização

É utilizada para separar um sólido dissolvido num líquido, por vaporização do líquido, obtendo-se cristais.



Exemplos de misturas:
Cloreto de sódio + água
Sulfato de cobre + água

26

Cristalização

Salinas



Purificação de sólidos
(indústria farmacêutica)

Obtenção do açúcar cristalizado a partir do açúcar da cana



27

Destilação Simples

Permite separar: a) sólidos dissolvidos em líquidos, b) dois líquidos (misíveis) com pontos de ebulição não muito próximos.

Exemplos de misturas:
Água + cloreto de sódio
álcool etílico + água



28

Destilação Simples

Dessalinização da água do mar



Alambiques: preparação das aguardentes e bagaceiras

Laboratórios: obtenção de água destilada



29

Destilação Fracionada

Permite separar dois ou mais líquidos com pontos de ebulição próximos.



Refinarias: separação dos componentes do petróleo bruto

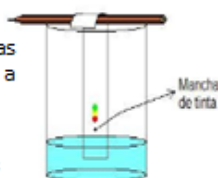
30

Cromatografia

Baseia-se no facto de componentes diferentes serem arrastados com velocidades diferentes por determinados solventes, ao longo de um material poroso: tira de papel de filtro.

No material poroso aparecem zonas coradas, cada uma correspondente a um dos componentes.

Exemplos de misturas: pigmentos de diferentes cores de uma tinta ou de um corante.



21

Cromatografia

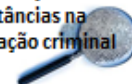
Identificação de corantes alimentares usados em bolos, gomas, bebidas, etc



Laboratórios (com aparelhos): testes da pureza de uma substância



Identificação de substâncias na investigação criminal



22

Liquefação

Permite a separação de gases e consiste em variar a pressão e temperatura do ar para que os gases da mistura passem ao estado líquido.

Destilação fracionada: para obter os gases separados.



Separação dos componentes do ar atmosférico (azoto e oxigénio).

23

Como planificar a separação e recuperação dos componentes de uma mistura?

1. Identificar o problema (que componentes pretendo separar/recuperar?)
2. Verificar o tipo de mistura e os processos físicos que é possível aplicar
3. Investigar as propriedades físicas que diferenciam os componentes da mistura, de modo a escolher um dos processos listados anteriormente
4. Verificar se o processo escolhido é o adequado e suficiente para separar/recuperar o componente pretendido.

24

Como planificar a separação e recuperação dos componentes de uma mistura?

Mistura: Vinagre + Azeite + Arroz

- 1) listar as propriedades dos componentes;
- 2) escolher os processos adequados: i) às propriedades; ii) estados físicos e iii) aos componentes que se pretendem recuperar
- 3) elaborar um diagrama com a sequência dos processos a aplicar entre a mistura inicial e as substâncias finais separadas.

25

Como planificar a separação e recuperação dos componentes de uma mistura?

Vinagre + Azeite + Arroz

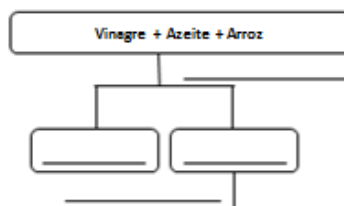
26

Como planificar a separação e recuperação dos componentes de uma mistura?



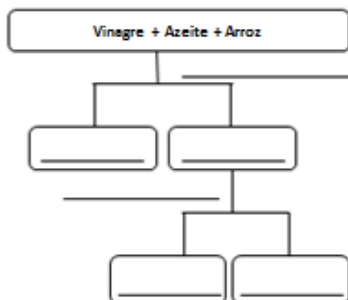
27

Como planificar a separação e recuperação dos componentes de uma mistura?



28

Como planificar a separação e recuperação dos componentes de uma mistura?



29

Atividade laboratorial:

Separação dos componentes da mistura:
areia, cloreto de sódio e pó de giz,
recorrendo à sequencia adequada de
diferentes processos de separação







30

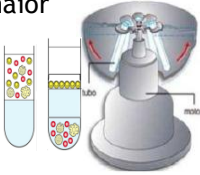
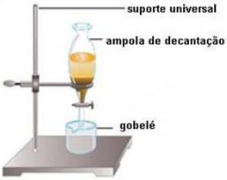

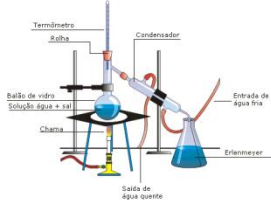

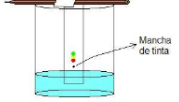
- Apresentação em *Power Point*:

Existem vários processos para separar os componentes de uma mistura. Todos eles são processos físicos que não alteram a natureza dos componentes que se pretendem separar. A escolha do processo de separação adequado deve ser feita de acordo com:

- O tipo de mistura (heterogénea sólida, heterogénea sólido-líquido, heterogénea líquida, homogénea líquida);
- As propriedades físicas dos seus componentes (ex.: ponto de ebulição, densidade, solubilidade, etc.);
- A finalidade da separação (qual o componente da mistura que se pretende recuperar).

Geralmente é necessário executar mais do que um processo de separação, na ordem devida, para separar/recuperar os vários componentes de uma mistura.

| Tipo de mistura | Técnica de separação |
|----------------------------|--|
| Heterogénea sólida | <p>Peneiração: baseia-se na <u>diferença de tamanho das partículas</u> dos componentes da mistura.  Exemplos de misturas: farinha + milho; cascalho + areia. Aplicações: Indústria panificadora: separar o farelo da farinha; análise granulométrica de solos (gravilha, areia, argila).</p> |
| | <p>Separação magnética: permite separar um componente com <u>propriedades magnéticas</u>.  Exemplos de misturas: limalha de ferro + areia; clips + enxofre. Aplicações: Estações de tratamento de resíduos: separação de metais de outros materiais (ex.: plástico); sucateiras; indústria siderúrgica: separação do ferro de outros metais.</p> |
| | <p>Sublimação: permite separar um componente que <u>sublima facilmente</u>. Aquece-se a mistura onde se encontra a substância que sublima e esta passa do estado s → g, separando-se da mistura. Por arrefecimento a substância sublima novamente: g → s. Exemplos de misturas: iodo + areia. Aplicações: indústria: purificação de substâncias sólidas (ex. o naftaleno, matéria prima utilizada no fabrico de corantes e resinas sintéticas é purificado industrialmente desta forma). </p> |
| | <p>Extração por solvente: baseia-se na <u>diferente solubilidade</u> dos componentes de uma mistura, num dado solvente. Exemplos de misturas: areia + cloreto de sódio; areia + sacarose. Aplicações: extração da cafeína do café para obter café descafeinado. </p> |
| Heterogénea sólido/líquido | <p>Decantação sólido/líquido: baseia-se na maior <u>densidade</u> do sólido da mistura, o qual se deposita no fundo do recipiente, formando-se duas zonas distintas (fases). Exemplos de misturas: areia + água. Aplicações: estações de tratamento da água da rede pública (tanques de decantação); análise de solos; separação das “borras” de café ou de vinho. </p> |
| | <p>Filtração: baseia-se na maior <u>dimensão das partículas</u> da fase sólida que se encontram em suspensão no líquido e que ficam retidas num filtro. Exemplos de misturas: partículas de areia em suspensão + água; farelo + sumo de laranja. Aplicações: estações de tratamento de água; medicina: hemodiálise; máquinas de café; filtros dos automóveis: filtrar o ar que se vai misturar com a gasolina; aspiradores. </p> |

| | |
|-----------------------------------|---|
| | <p>Centrifugação: é utilizada uma centrífuga que por rotação, permite que as partículas sólidas em suspensão num líquido (com uma maior densidade) se depositem no fundo do tubo de centrífuga.</p> <p>Exemplos de misturas: cinza + água; pó de giz + água.</p> <p>Aplicações: Indústria dos laticínios: separação da nata do leite para o fabrico de manteiga; laboratórios de análises clínicas: separar os componentes do sangue.</p>  |
| <p>Heterogénea líquida</p> | <p>Decantação líquido/líquido: Permite separar líquidos imiscíveis e com densidades bastante diferentes, utilizando uma ampola de decantação. Deve deixar-se a mistura em repouso no funil ou ampola de decantação para que as fases líquidas se distingam claramente. Quando se abre a torneira, com a ampola destapada, o líquido da camada inferior (mais denso) sai, separando-se do da camada superior.</p> <p>Exemplos de misturas: Azeite + água.</p> <p>Aplicações: análise clínicas e químicas.</p>  |
| <p>Homogénea líquida</p> | <p>Cristalização: é utilizada para separar um sólido dissolvido num líquido, por vaporização do líquido, obtendo-se cristais. Deixa-se a mistura num cristizador para que o líquido evapore lentamente. O processo é tanto mais rápido quanto maior for a superfície de contacto do líquido com o ar. Uma evaporação mais lenta permite obter cristais de maiores dimensões.</p> <p>Exemplos de misturas: Cloreto de sódio + água; sulfato de cobre + água.</p> <p>Aplicações: salinas: obtenção do cloreto de sódio e de outros sais dissolvidos na água do mar; purificação de sólidos, principalmente na indústria farmacêutica, onde é necessário um elevado grau de pureza das substâncias; obtenção do açúcar cristalizado a partir do açúcar da cana.</p>  <p>Destilação simples: permite separar: a) sólidos dissolvidos em líquidos, b) dois líquidos (miscíveis) com pontos de ebulição não muito próximos.</p> <p>Exemplos de misturas: Água + cloreto de sódio; acetona + água.</p> <p>Aplicações: dessalinização da água: obtenção de água doce a partir de água do mar (há países que recorrem a esta técnica devido à escassez de água doce (ex. Israel)); laboratórios: obtenção de água destilada; alambiques: preparação das aguardentes e bagaceiras.</p>  <p>Destilação fracionada: permite separar dois ou mais líquidos com pontos de ebulição próximos. Neste processo usa-se uma coluna de fracionamento, onde os vapores formados se condensam. O líquido que destila primeiro é o líquido de ponto de ebulição mais baixo (o mais volátil), seguindo-se o líquido de ponto de ebulição imediatamente superior e assim sucessivamente.</p> <p>Aplicações: refinarias: separação dos componentes do petróleo bruto.</p>  <p>Cromatografia: baseia-se no facto de componentes diferentes serem arrastados com velocidades diferentes por determinados solventes, ao longo de um material poroso: tira de papel de filtro. No material poroso aparecem zonas coradas, cada uma correspondente a um dos componentes.</p> <p>Exemplos de misturas: pigmentos de diferentes cores de uma tinta ou de um corante.</p> <p>Aplicações: identificação de corantes alimentares usados em bolos, gomas, bebidas, etc.; nos laboratórios (com aparelhos): testes da pureza de uma substância; identificação de substâncias na investigação criminal.</p>  <p>Liquefação: permite a separação de gases e consiste em variar a pressão e temperatura do ar para que os gases da mistura passem ao estado líquido. A este processo segue-se uma destilação fracionada, para obter os gases separados.</p> <p>Aplicações: separação dos componentes do ar atmosférico (azoto e oxigénio).</p> |

Etapas para planificar a separação e recuperação dos componentes de uma mistura:

1. Identificar o problema (que componentes pretendo separar/recuperar?);
2. Verificar o tipo de mistura e os processos físicos que é possível aplicar (identificar se se trata de uma mistura heterogénea sólida, heterogénea sólido/líquido, heterogénea líquida ou homogénea líquida e os respetivos processos de separação em cada caso);
3. Investigar as propriedades físicas que diferenciam os componentes da mistura, de modo a escolher um dos processos listados anteriormente;
4. Verificar se o processo escolhido é o adequado e suficiente para separar/recuperar o componente pretendido.


É indispensável a elaboração prévia de um diagrama/esquema com a sequência dos vários processos de separação para consulta e orientação durante a realização da atividade laboratorial de separação dos componentes de uma mistura.

No caso de executares a separação da mistura no laboratório deves fazer a listagem e a recolha do material necessário para a execução prática do plano de trabalho.





A professora estagiária: Carla Morais

Objetivo: separação dos componentes da mistura: areia, cloreto de sódio e pó de giz, recorrendo à sequência adequada de diferentes processos de separação.

AL1.- Extração por solvente: usa-se a diferente solubilidade dos componentes de uma mistura. Na mistura dada, só o cloreto de sódio (sal das cozinhas) é solúvel em _____.

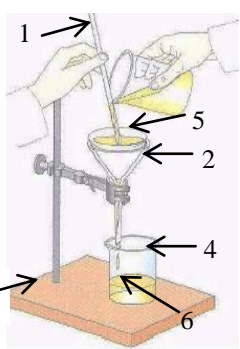
| | |
|--|--|
| Material _____ / _____  | Procedimento: 1. Adicionar água destilada à mistura. 2. Agitar com a vareta de vidro, garantindo que todo o cloreto de sódio se solubiliza na água. |
|--|--|

AL 2: Decantação sólido/líquido - usa-se a diferença de densidades da fase sólida e líquida (Fase: porção de matéria de limites bem definidos).

| | | |
|---|---|---|
| Material: _____  _____  _____  | Procedimento: 1. Deixar a mistura repousar → o sólido, mais denso do que a água, deposita-se no fundo do gobelé (sedimentação). 2. Transferir a fase líquida para um gobelé → encostar a vareta ao gobelé e deixar o líquido escorrer ao longo da mesma (fig 1). |  <p>fig 1</p> |
|---|---|---|

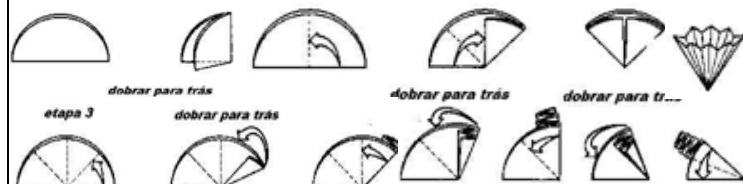
AL 3: Filtração (usa-se a diferença de tamanho das partículas)

Passa-se a mistura através de um filtro com poros de tamanho inferior ao das partículas do componente sólido. Os filtros podem ser de: papel, tecido, areia, porcelana ou microfibras de vidro. No laboratório utilizam-se principalmente filtros de papel.

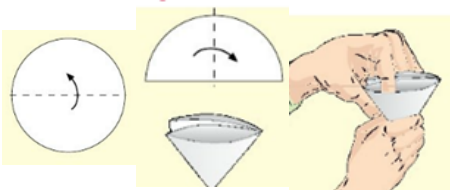
| | | |
|---|---|---|
| Material:/Montagem 1- _____ 2- _____ 3- _____ 4- _____ 5- _____ 6- _____ |  | Procedimento: 1. Escolher o tipo de filtro (tamanho dos poros) para o sólido a filtrar. 2. Dobrar o filtro sem vincar o vértice e pousar no funil. (ver figura). 3. Humedecer o filtro com o solvente da mistura, para ele aderir ao vidro, sobretudo o bordo. 4. Verter a mistura para o funil, decantando. Adicionar a mistura aos poucos, sem ultrapassar 2/3 da altura do papel de filtro. 5. Ter cuidado para que a vareta não rompa o filtro. |
|---|---|---|

Dobragem do filtro: em pregas

A área de contacto do papel com a mistura é maior e a filtração é mais rápida. Aconselhável quando se quer recuperar o líquido.



Dobragem do filtro liso



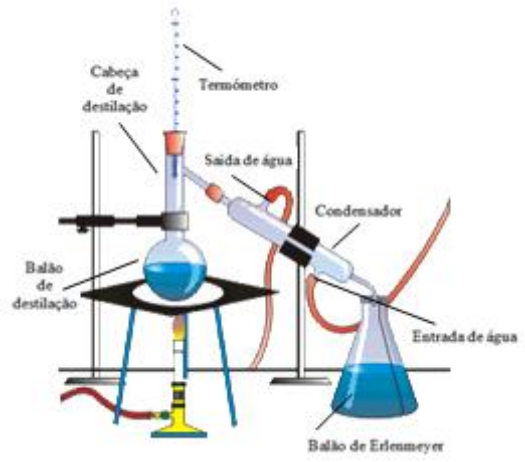
Atividade III: Centrifugação (diferença de densidades)

Usa-se quando as partículas sólidas em suspensão no líquido são demasiado pequenas para a filtração. Com a rotação, as partículas sólidas da mistura depositam-se no fundo do tubo. Em seguida faz-se uma decantação e para recuperar o sólido, basta secar o mesmo. É um processo útil para separar os componentes de misturas coloidais (ex.: leite, sangue, etc.).

| | |
|--|--|
| <p>Material:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>  | <p>Procedimento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Transferir a mistura para tubos de centrífuga, com auxílio de uma pipeta de Pasteur; 2. Dispor os tubos de modo uniforme por toda a centrífuga, se for necessário usam-se tubos com água; 3. Fechar a centrifugadora e selecionar a velocidade (rotações por minuto) e o tempo (minutos). 4. Decantar ou retirar o líquido sobrenadante com uma pipeta de Pasteur. |
|--|--|

Atividade V: Destilação simples

Baseia-se nas diferentes temperaturas de ebulição dos componentes da mistura. Usa-se para separar: **a)** um sólido de um líquido ou **b)** dois líquidos (aconselhável uma diferença de mais de 10 ° nos pontos de ebulição).

| | |
|--|---|
|  | <p>Montar o material, limpo e sem rachadelas, nos suportes, sem apertar demasiado as garras. (ver figura)</p> <p>O condensador deve ficar inclinado.</p> <p>Para que a água circule, o tubo inferior liga-se à torneira e o superior ao esgoto. A água ao aquecer fica menos densa e sobe pelo condensador.</p> <p>Com a ajuda de um funil, transvasa-se a mistura para o balão, sem ultrapassar metade da sua capacidade.</p> <p>Adicionam-se bocadinhos de porcelana (reguladores da ebulição) para a ebulição não ser tumultuosa.</p> <p>Tapa-se com a rolha, o bolbo do termómetro tem de ficar na zona de saída do vapor.</p> <p>Fazer um aquecimento lento.</p> |
|--|---|

Durante a destilação ocorrem duas transformações físicas: a _____ (no balão de destilação) e a _____ (no condensador).

Bom Trabalho! A professora estagiária: Carla Morais

1. Associa os tipos de misturas presentes, com o método (ou o 1º dos métodos) de separação que pode ser usado para separar as mesmas.

| Mistura | Processo de separação |
|--|--------------------------------|
| A - Cloreto de sódio e areia | 1 - Destilação fracionada |
| B - Pó de giz e água | 2 - Extração por solvente |
| C - Enxofre e limalha de ferro | 3 - Decantação líquido/líquido |
| D - Azeite e vinagre | 4 - Separação magnética |
| E - Água açucarada | 5 - Cristalização |
| F - Petróleo bruto | 6 - Centrifugação |
| G - Tinta de caneta | 7 - Cromatografia |
| H - Grãos de arroz e farinha | 8 - Sublimação |
| I - lodo e pequenos pedaços de grafite | 9 - Peneiração |

2. Considera os materiais da **coluna I** e as misturas indicadas na **coluna II** da tabela dada.

| Coluna I | Coluna II | Coluna III |
|----------------------|-------------|------------|
| (A) Água | (A) com (B) | |
| (B) Azeite | (A) com (C) | |
| (C) Pó de café | (A) com (D) | |
| (D) Sacarose | (D) com (F) | |
| (E) Acetona | (C) com (D) | |
| (F) Limalha de ferro | (A) com (E) | |

- 2.1. Na coluna III classifica as misturas indicadas na coluna II.

- 2.2. Que processos de separação usarias para separar os componentes das misturas mencionadas na questão anterior?

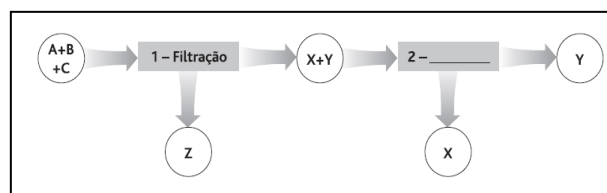
- 2.3. Observa o diagrama.

- a) Faz a correspondência entre as letras X, Y e Z e os materiais A, B e C.

X- ; Y- ; Z- .

- b) Qual o processo de separação 2? _____

- c) Indica o material necessário para realizares as operações 1 e 2.



3. A água, o glicerol e o metanol são líquidos miscíveis (substâncias incolores) de pontos de ebulição respetivamente iguais a 100 °C, 290 °C e 65 °C.

- 3.1. Completa a frase: “Ao juntar estes três líquidos, obtemos uma mistura _____ porque os líquidos são _____”.

- 3.2. Para obter isoladamente estas três substâncias, qual o processo de separação que utilizarias? Justifica a tua opção.

3.3. O componente que se separa em primeiro lugar é o _____. Justifica.

3.4. Dá exemplo de um material extraído da Natureza cujos componentes se possam separar de modo semelhante ao desta mistura. R: _____.

4. Considera as seguintes misturas:

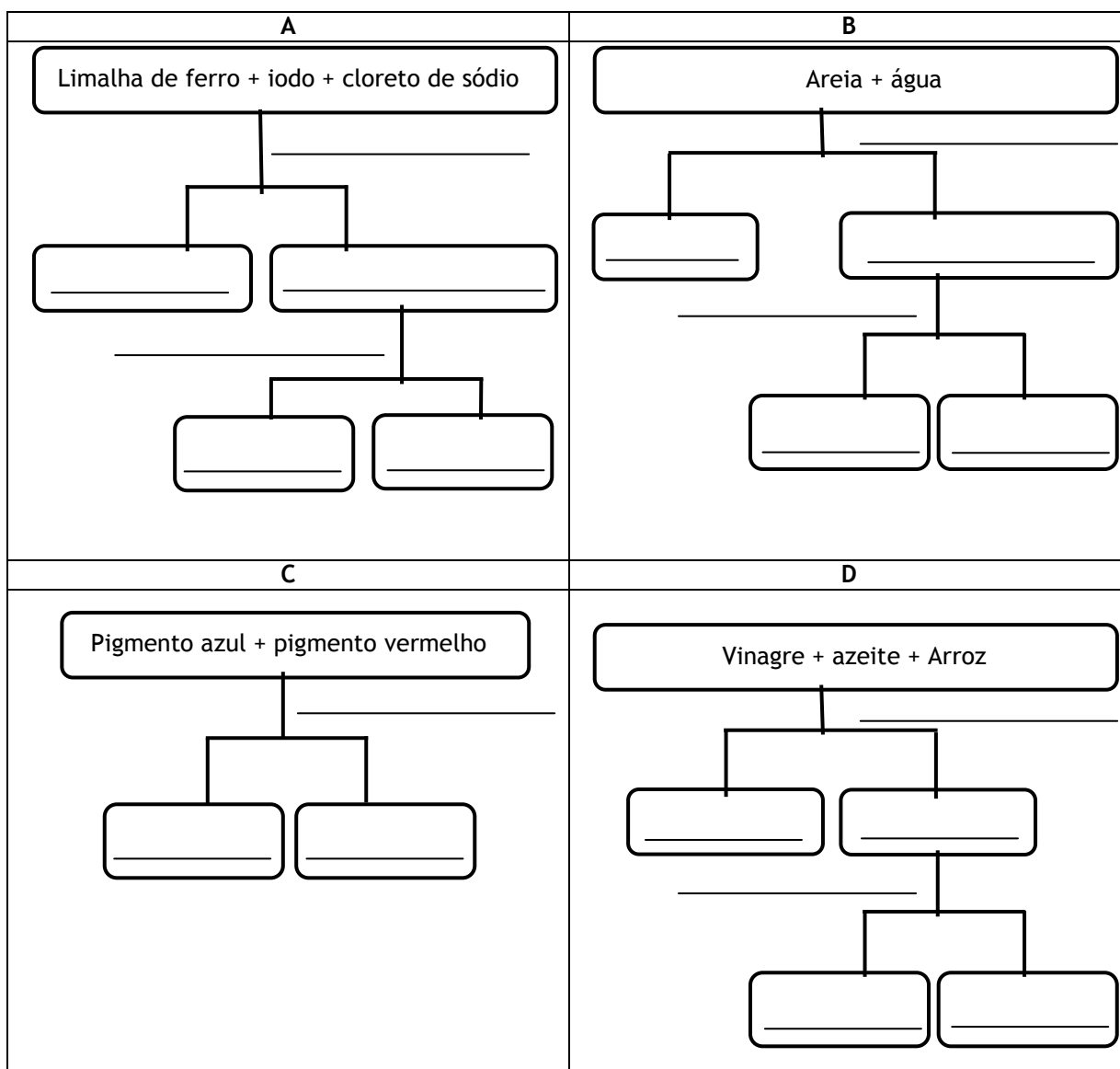
A: Limalha de ferro, iodo e cloreto de sódio.

B: Areia e água.

C: Pigmento azul e pigmento vermelho.

D: Vinagre, azeite e arroz.

Propõe para cada uma delas uma sequência válida de processos de separação, apresentando o respetivo diagrama.



5. Dadas as informações:

- a) o clorofórmio é um líquido insolúvel na água;
- b) o álcool é solúvel num éter;
- c) o líquido sulfureto de carbono dissolve o enxofre e não dissolve o carvão;
- d) os gases metano e butano têm pontos de ebulição diferentes.

Faz a associação seguinte, relativa à separação das respectivas misturas.

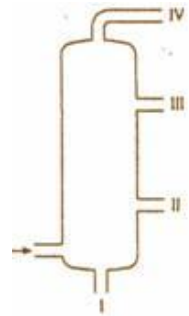
- 1) Água + clorofórmio () A -Destilação simples.
- 2) Álcool + éter () B - Dissolução fracionada
- 3) Enxofre + sulfureto de carbono () C- Liquefação fracionada
- 4) Enxofre + água () D - Separação magnética
- 5) Metano + butano () E- Separação pelo funil de decantação
- 6) Enxofre + carvão () F- Filtração
- 7) Ferro + carvão () G- Destilação fracionada

6. O esquema da figura representa uma coluna de fracionamento utilizada em refinarias de petróleo.

Os produtos recolhidos em I, II, III e IV são, respetivamente: (pesquisa a informação)

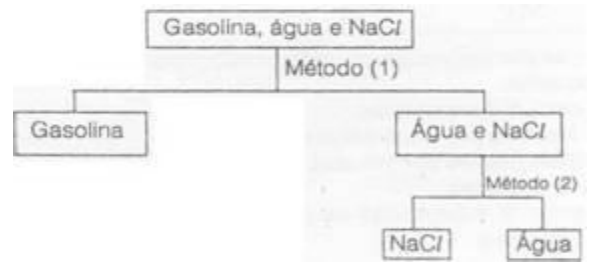
(Dado: Ordem crescente dos pontos de ebulição - gás de cozinha, gasolina, querosene, óleo diesel, óleo lubrificante, parafina de asfalto.

- (A) asfalto, óleo diesel, gasolina e gás de cozinha. (B) álcool, asfalto, óleo diesel e gasolina.
- (C) asfalto, gasolina, óleo diesel, e álcool. (D) gasolina, óleo diesel, gás de cozinha e asfalto.
- (E) querosene, gasolina, óleo diesel e gás de cozinha.



7. Considera a mistura de gasolina, água e cloreto de sódio (dados: a gasolina e a água são imiscíveis; o cloreto de sódio é solúvel em água, a gasolina não). Assinala, dentre as opções, a sequência de métodos mais viável para separar os componentes deste sistema, segundo o fluxograma abaixo:

| Método (1) | Método (2) |
|-------------------------|--------------------|
| (A) Filtração simples, | centrifugação |
| (B) decantação, | destilação simples |
| (C) destilação simples, | decantação |
| (D) decantação, | centrifugação |
| (E) centrifugação, | decantação |



8. Uma boa opção para separar uma mistura de cloreto de sódio, areia e naftalina é:

- (A) adicionar água, decantar, destilar e sublimar (B) sublimar, adicionar água, filtrar e destilar
- (C) adicionar água, filtrar e destilar (D) não é possível separar tal mistura

9. Num acampamento, todo o sal de cozinha caiu, acidentalmente, na areia. As pessoas recuperaram o sal realizando, sucessivamente, as operações de:

- (A) dissolução, filtração, evaporação (B) fusão, decantação, sublimação (C) adição de água, destilação
- (D) liquefação, filtração, vaporização (E) diluição, sedimentação, vaporização

10. É uma característica de substância pura:

- (A) ter densidade sempre constante, independente de seu estado físico
- (B) que ocorra variação de temperatura durante as suas mudanças de estado
- (C) não apresentar odor e ser límpida e transparente
- (D) apresentar ponto de ebulição e de fusão constantes
- (E) estar no estado sólido à temperatura a

Bom Trabalho!

A Professora Estagiária: Carla Morais

Ficha de Trabalho: Processos de separação dos componentes de uma mistura.
 Data: 27/04/2012

1. Associa os tipos de misturas presentes, com o método (ou o 1º dos métodos) de separação que pode ser usado para separar as mesmas.

| Mistura | | Processo de separação |
|--|---|--------------------------------|
| A - Cloreto de sódio e areia | 2 | 1 - Destilação fracionada |
| B - Pó de giz e água | 6 | 2 - Extração por solvente |
| C - Enxofre e limalha de ferro | 4 | 3 - Decantação líquido/líquido |
| D - Azeite e vinagre | 3 | 4 - Separação magnética |
| E - Água açucarada | 5 | 5 - Cristalização |
| F - Petróleo bruto | 1 | 6 - Centrifugação |
| G - Tinta de caneta | 7 | 7 - Cromatografia |
| H - Grãos de arroz e farinha | 9 | 8 - Sublimação |
| I - lodo e pequenos pedaços de grafite | 8 | 9- Peneiração |

2. Considera os materiais da coluna I e as misturas indicadas na coluna II da tabela dada.

| Coluna I | Coluna II | Coluna III |
|----------------------|-------------|---|
| (G) Água | (A) com (B) | Mistura heterogénea líquida |
| (H) Azeite | (A) com (C) | Mistura heterogénea sólido/líquido |
| (I) Pó de café | (A) com (D) | Mistura homogénea líquida (solução líquida) |
| (J) Sacarose | (D) com (F) | Mistura heterogénea sólida |
| (K) Acetona | (C) com (D) | Mistura heterogénea sólida |
| (L) Limalha de ferro | (A) com (E) | Mistura homogénea líquida (solução líquida) |

2.1. Na coluna III classifica as misturas indicadas na coluna II.

2.2. Que processos de separação usarias para separar os componentes das misturas mencionadas na questão anterior?

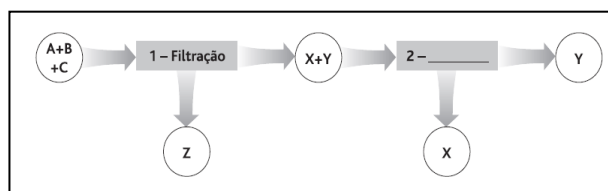
- (A) com (B): decantação líquido/líquido;
- (A) com (C): filtração ou centrifugação;
- (A) com (D): destilação simples ou cristalização;
- (D) com (F): separação magnética;
- (C) com (D): extração por solvente;
- (A) com (E): destilação simples.

2.3. Observa o diagrama.

a) Faz a correspondência entre as letras X, Y e Z e os materiais A, B e C.

X- A: água ; Y- B: azeite ; Z- C: pó de café.

b) Qual o processo de separação 2? _____
 Decantação líquido/líquido



c) Indica o material necessário para realizares as operações 1 e 2.

1: Funil, suporte para o funil, vareta, papel de filtro e gobelé.

2: Ampola ou funil de decantação, gobelé.

3. A água, o glicerol e o metanol são líquidos miscíveis (substâncias incolores) de pontos de ebulição respetivamente iguais a 100 °C, 290 °C e 65 °C.

3.1. Completa a frase: “Ao juntar estes três líquidos, obtemos uma mistura homogénea porque os líquidos são miscíveis”.

3.2. Para obter isoladamente estas três substâncias, qual o processo de separação que utilizarias? Justifica a tua opção. Destilação fracionada. Pois tratam-se de três substâncias com pontos de ebulição diferente

3.3. O componente que se separa em primeiro lugar é o metanol. Justifica. É a substância que tem um menor ponto de ebulição.

3.4. Dá exemplo de um material extraído da Natureza cujos componentes se possam separar de modo semelhante ao desta mistura. R: petróleo

4. Considera as seguintes misturas:

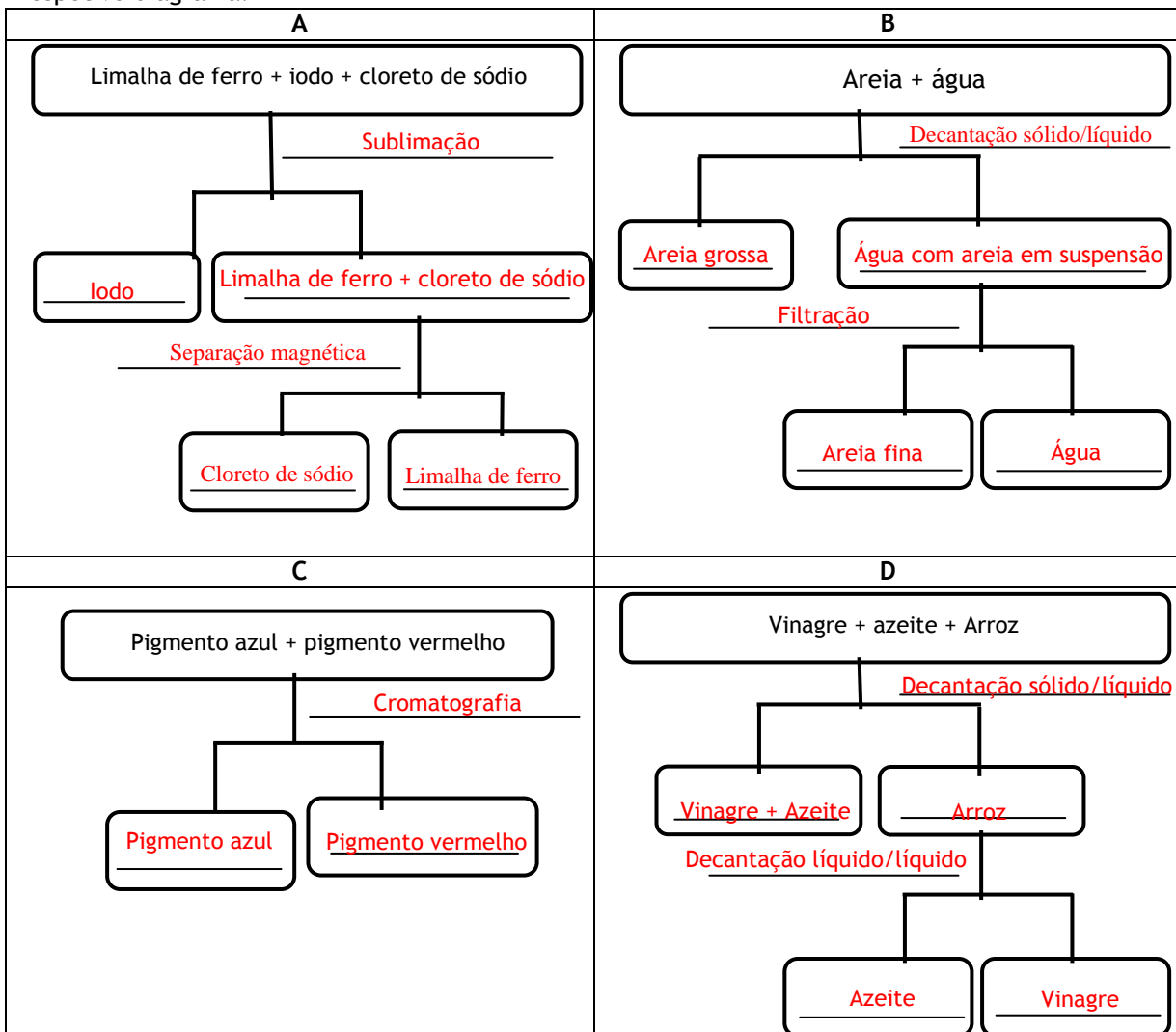
A: Limalha de ferro, iodo e cloreto de sódio.

B: Areia e água.

C: Pigmento azul e pigmento vermelho.

D: Vinagre, azeite e arroz.

Propõe para cada uma delas uma sequência válida de processos de separação, apresentando o respetivo diagrama.



5. Dadas as informações:

- a) o clorofórmio é um líquido insolúvel na água;
- b) o álcool é solúvel num éter;
- c) o líquido sulfureto de carbono dissolve o enxofre e não dissolve o carvão;
- d) os gases metano e butano têm pontos de ebulição diferentes.

Faz a associação seguinte, relativa à separação das respectivas misturas.

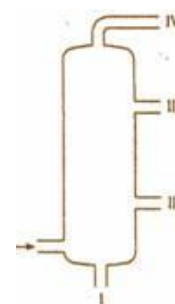
- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1) Água + clorofórmio | (E) A - Destilação simples. |
| 2) Álcool + éter | (G) B - Dissolução fracionada |
| 3) Enxofre + sulfureto de carbono | (A) C - Liquefação fracionada |
| 4) Enxofre + água | (F) D - Separação magnética |
| 5) Metano + butano | (C) E - Separação pelo funil de decantação |
| 6) Enxofre + carvão | (B) F - Filtração |
| 7) Ferro + carvão | (D) G - Destilação fracionada |

6. O esquema da figura representa uma coluna de fracionamento utilizada em refinarias de petróleo.

Os produtos recolhidos em I, II, III e IV são, respetivamente: (pesquisa a informação)

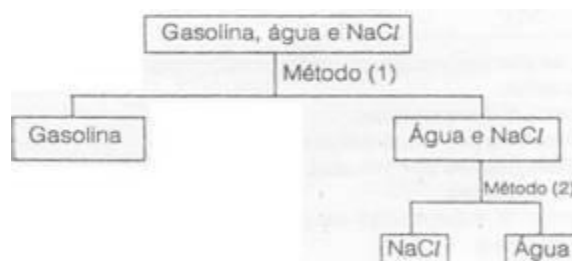
(Dado: Ordem crescente dos pontos de ebulição - gás de cozinha, gasolina, querosene, óleo diesel, óleo lubrificante, parafina de asfalto.)

- (A) asfalto, óleo diesel, gasolina e gás de cozinha. (B) álcool, asfalto, óleo diesel e gasolina.
- (C) asfalto, gasolina, óleo diesel, e álcool. (D) gasolina, óleo diesel, gás de cozinha e asfalto.
- (E) querosene, gasolina, óleo diesel e gás de cozinha.



7. Considera a mistura de gasolina, água e cloreto de sódio (dados: a gasolina e a água são imiscíveis; o cloreto de sódio é solúvel em água, a gasolina não). Assinala, dentre as opções, a sequência de métodos mais viável para separar os componentes deste sistema, segundo o fluxograma abaixo:

| Método (1) | Método (2) |
|-------------------------|--------------------|
| (F) filtração simples, | centrifugação |
| (B) decantação, | destilação simples |
| (G) destilação simples, | decantação |
| (H) decantação, | centrifugação |
| (I) centrifugação, | decantação |



8. U ma boa opção para separar uma mistura de cloreto de sódio, areia e naftalina é:

- (A) adicionar água, decantar, destilar e sublimar
- (B) sublimar, adicionar água, filtrar e destilar
- (C) adicionar água, filtrar e destilar
- (D) não é possível separar tal mistura

9. Num acampamento, todo o sal de cozinha caiu, acidentalmente, na areia. As pessoas recuperaram o sal realizando, sucessivamente, as operações de:

- (A) dissolução, filtração, evaporação
- (B) fusão, decantação, sublimação
- (C) adição de água, destilação
- (D) liquefação, filtração, vaporização
- (E) diluição, sedimentação, vaporização

10. É uma característica de substância pura:

- (A) ter densidade sempre constante, independente de seu estado físico
- (B) que ocorra variação de temperatura durante as suas mudanças de estado
- (C) não apresentar odor e ser límpida e transparente
- (D) apresentar ponto de ebulição e de fusão constantes
- (E) estar no estado sólido à temperatura ambiente

Cartões com desafios e respetiva resolução:

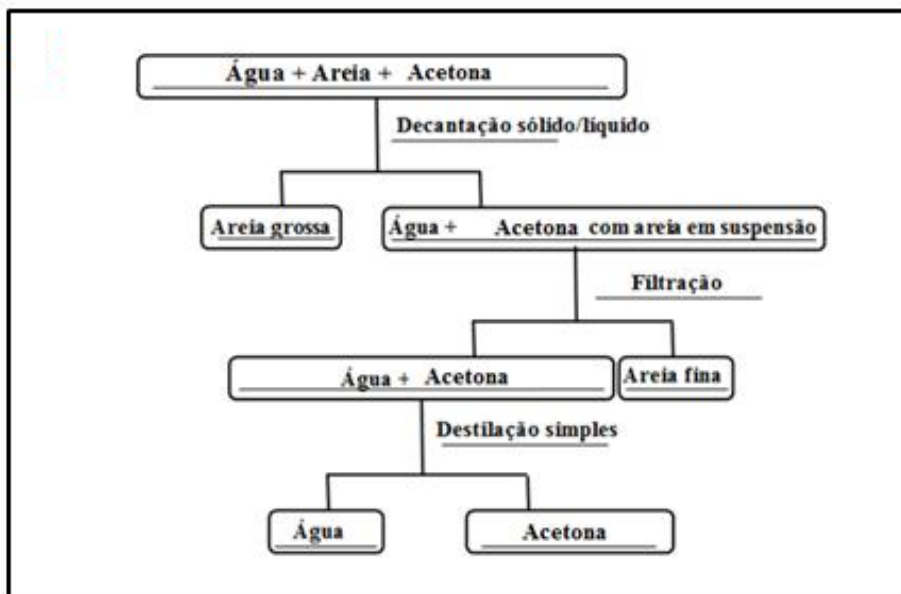
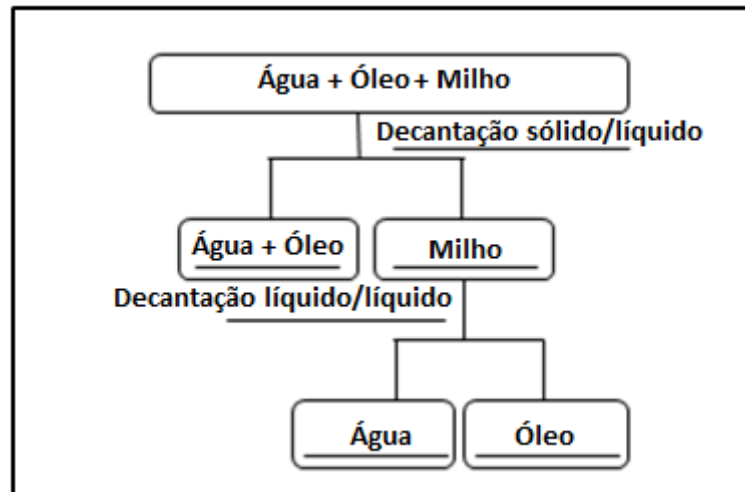
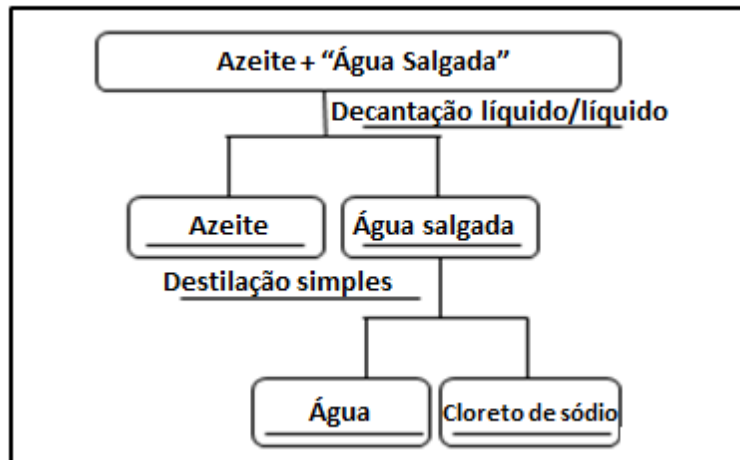


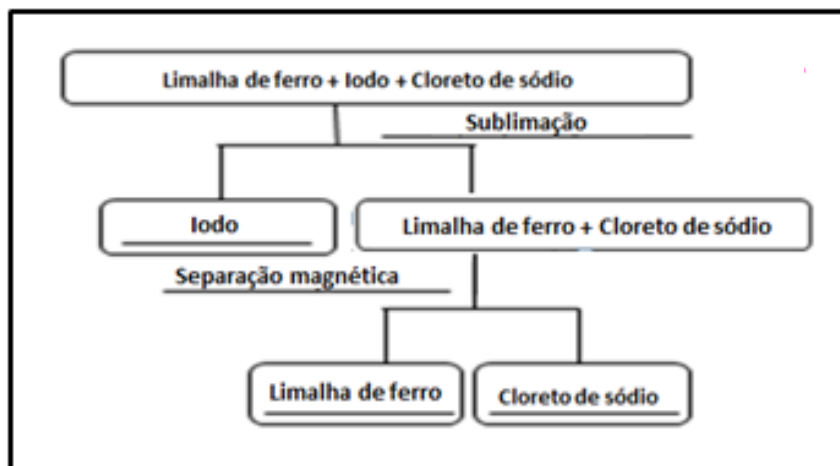
Como separar azeite de água salgada, recuperando também o cloreto de sódio?

Como separar água, óleo e milho?

Como separar água, areia e acetona?

Como separar limalha de ferro, iodo e cloreto de sódio?





Componente de Física: Lei de Ohm

Associação de resistências em série e em paralelo

- Apresentação em *Power Point*:

Escola Secundária Frei Heitor Pinto

Unidade II: Eletricidade e Magnetismo
Circuitos Elétricos

Lei de Ohm

Associação de resistências em série e em paralelo



Georg Ohm (1789-1854)

Professora Estagiária: Carle Moreira

Lei de Ohm

Em 1826 Georg Ohm, a partir de trabalhos experimentais, verificou existir uma relação entre:

- Intensidade de corrente que percorre um condutor, I ;
- A diferença de potencial nos terminais desse condutor, U ;
- A resistência desse condutor, R .

$$R = \frac{U}{I} = \text{constante}$$

A razão entre a diferença de potencial aplicada a um condutor e a intensidade da corrente que o percorre é constante (sendo a temperatura constante).

Lei de Ohm

Ohm classificou os condutores que obedeciam a esta lei, como:

$$R = \frac{U}{I} = \text{constante}$$

Condutores óhmicos

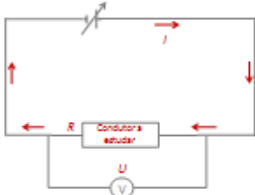
Condutores que não obedeciam a esta lei, como:

$$R = \frac{U}{I} \neq \text{constante}$$

Condutores não-óhmicos

Lei de Ohm

Q1: Como é que podemos verificar experimentalmente esta lei?



Condições experimentais:

- Fonte de tensão contínua (um só sentido), variável (0-3) V
- Temperatura constante

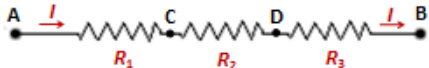
Lei de Ohm

Vamos considerar:

- Geradores ideais: não dissipam energia quando atravessados pela carga (resistência interna ≈ 0)
- Recetores puramente resistivos (só há dissipação por calor): efeito de Joule).

Associação de resistências

Série

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$


De acordo com a lei de Ohm ($R=U/I$):

$$R_{eq}I = R_1I + R_2I + R_3I$$

$$R_{eq}I = (R_1 + R_2 + R_3)I$$

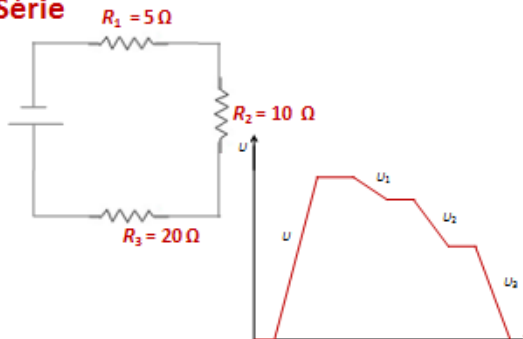
Dividindo ambos os membros por I :

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

Para n resistências... $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$

Associação de resistências

Série



Associação de resistências

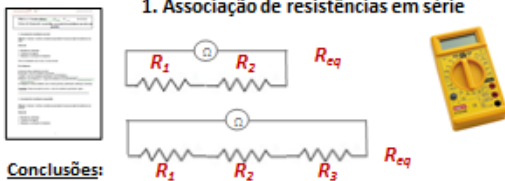
Resumindo...

Numa associação de resistências em série:

- A intensidade de corrente é a mesma em todas elas;
- A resistência equivalente é igual à soma das resistências;
- A diferença de potencial nos terminais da resistência equivalente é igual à soma das diferenças de potenciais nos terminais das várias resistências.

Associação de resistências

1. Associação de resistências em série



Conclusões:

Numa associação em série, o valor da resistência equivalente é:

- Igual à soma do valor das resistências.
- Tanto maior quanto maior o número de resistências associadas.

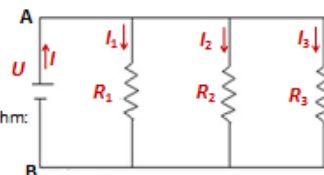
Associação de resistências

Paralelo

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

De acordo com a lei de Ohm:

$$R = U/I \text{ ou } I = U/R$$



$$U/R_{eq} = U/R_1 + U/R_2 + U/R_3$$

Para n resistências...

$$U/R_{eq} = U (1/(R_1 + R_2 + R_3))$$

$$1/R_{eq} = 1/(R_1 + R_2 + R_3 + R_n)$$

Dividindo toda a expressão por U:

$$1/R_{eq} = 1/(R_1 + R_2 + R_3)$$

Associação de resistências

Resumindo...

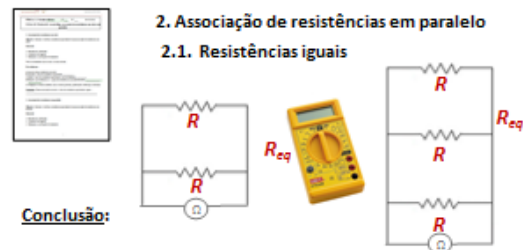
Numa associação de resistências em paralelo:

- A diferença de potencial entre os terminais das resistências é a mesma;
- O inverso da resistência equivalente é igual à soma dos inversos das resistências;
- A intensidade da corrente que entra na associação é igual à soma das intensidades de corrente nas várias resistências.

Associação de resistências

2. Associação de resistências em paralelo

2.1. Resistências iguais



Conclusão:

A resistência equivalente de n resistências iguais a R é igual a R/n

Lei de Ohm / resistências em paralelo



Conclusões:

$$I = I_1 + I_2 \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$U = U_1 = U_2$$

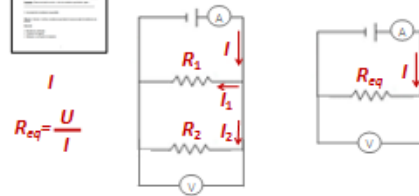
17

Lei de Ohm / resistências em paralelo



3.1. Circuito com duas resistências em paralelo

3.1.1. Medição da intensidade da corrente no circuito principal, I



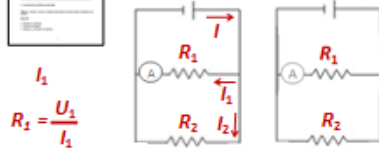
$$R_{eq} = \frac{U}{I}$$

14

Lei de Ohm / resistências em paralelo



3.1.2. Medição da intensidade da corrente numa das resistências associadas, I_1



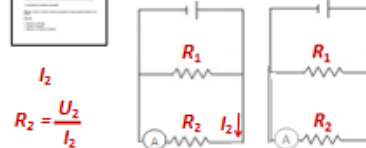
$$R_1 = \frac{U_1}{I_1}$$

15

Lei de Ohm / resistências em paralelo



3.1.3. Medição da intensidade da corrente numa das resistências associadas, I_2



$$R_2 = \frac{U_2}{I_2}$$

16

FICHA DE TRABALHO: Lei de Ohm, associação de resistências em série e em paralelo.

1. Associação de resistências em série

Objetivo: Calcular e verificar a resistência equivalente de uma associação de resistências em série.

Material:

- Resistências calibradas;
- Condutores de ligação;
- Multímetro com função de ohmímetro.

Nota: um ohmímetro usa-se sem o circuito ativado.

Procedimento:

- Associar duas resistências em série.
- Calcular o valor da resistência equivalente _____.
- Medir o valor da resistência equivalente com um ohmímetro _____.
- Repetir o procedimento a) - c) para três resistências associadas em série _____
; _____.
- Comparar os valores medidos com os valores previstos, justificando a diferença verificada.

Conclusão: Numa associação em série, o valor da resistência equivalente é igual...

2. Associação de resistências em paralelo:

Objetivo: Calcular e verificar a resistência equivalente de uma associação de resistências em paralelo.

Material:

- Resistências calibradas;
- Condutores de ligação;
- Multímetro com função de ohmímetro.

2.1. Associação de resistências iguais em paralelo:**Procedimento:**

- Associar duas resistências iguais.
- Calcular o valor da resistência equivalente.
- Medir o valor da resistência equivalente com um ohmímetro.
- Repetir o procedimento a) - c) para três resistências iguais.
- Comparar os valores medidos com os valores previstos, justificando a diferença verificada.

Conclusão:

A resistência equivalente de n resistências iguais a R é igual a _____.

2.2. Associação de resistências diferentes em paralelo:

Procedimento:

- Associar duas resistências diferentes.
- Calcular o valor da resistência equivalente.
- Medir o valor da resistência equivalente com um ohmímetro.
- Repetir o procedimento a) - c) para três resistências diferentes.

Conclusões:

Quanto maior o número de resistências em paralelo, _____ é o valor da resistência equivalente.

A resistência equivalente de uma associação de resistências em paralelo é _____ do que a resistência de _____ valor.

3. Lei de Ohm num circuito com resistências em paralelo

Objetivos:

- Verificar as relações entre I , U e R numa associação de resistências em paralelo, aplicando a lei de Ohm a circuitos simples, com gerador ideal e recetores puramente resistivos.
- Provar: $I = I_1 + I_2$ e $I_1/I_2 = R_2/R_1$

Material:

- Duas resistências calibradas diferentes;
- 2 Multímetros (com funções de voltímetro e amperímetro);
- Pilha de 4,5 V;
- Condutores de ligação.

Observações:

- Montar primeiro os circuitos série e só depois os paralelos. Com corrente contínua, respeitar a polaridade.
- Num multímetro não rodar o seletor da grandeza física com corrente.
- O amperímetro intercala-se em série. Verificar os terminais de ligação de acordo com a escala escolhida (A ou mA).
- O voltímetro liga-se sempre em paralelo, depois de montado o circuito.
- Fechar o circuito depois de verificado pelo professor.

3.1. Circuito com duas resistências em paralelo:

3.1.1. Medição da intensidade da corrente no circuito principal, I

- Desenhar o diagrama de um circuito com uma pilha, duas resistências em paralelo, um amperímetro que meça a intensidade da corrente no circuito principal e um voltímetro que meça a diferença de potencial do paralelo de resistências. Desenhar também o diagrama de um circuito equivalente.
- Montar o respetivo circuito.
- Medir I _____.
- Calcular o valor de U (diferença de potencial entre os terminais da associação).

3.1.2. Medição da intensidade da corrente numa das resistências associadas, I_1

- a) Desenhar o diagrama de um circuito com uma pilha, duas resistências em paralelo, um amperímetro que meça a intensidade da corrente na resistência R_1 .
- b) Montar o respectivo circuito.
- c) Medir I_1 _____.
- d) Calcular o valor de U_1 (diferença de potencial entre os terminais de R_1).

3.1.3. Medição da intensidade da corrente numa das resistências associadas, I_2

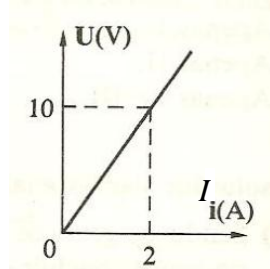
- a) Desenhar o diagrama de um circuito com uma pilha, duas resistências em paralelo, um amperímetro que meça a intensidade da corrente na resistência R_2 .
- b) Montar o respectivo circuito.
- c) Medir I_2 _____.
- d) Calcular o valor de U_2 (diferença de potencial entre os terminais de R_2).

Conclusões:

Comparar os resultados obtidos em 3.1.1, 3.1.2 e 3.1.3 com os previstos teoricamente.

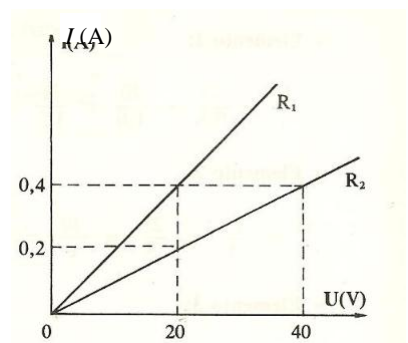
Bom Trabalho!
A professora estagiária: Carla Morais

1. O gráfico ao lado representa a relação entre a diferença de potencial, U e a intensidade da corrente elétrica num condutor, I . Podemos afirmar que se trata de um condutor:



- a) ôhmico e com uma resistência elétrica de 20Ω .
- b) ôhmico e com uma resistência elétrica de 10Ω .
- c) ôhmico e com uma resistência elétrica de 5Ω .
- d) não ôhmico

2. A intensidade da corrente elétrica, I , em função da diferença de potencial, U , aplicada aos terminais de duas resistências elétricas R_1 e R_2 , está representada no gráfico ao lado. Os comportamentos das resistências não se alteram para valores de diferença de potencial inferiores a 100 V . Ao analisar este gráfico, um aluno concluiu que, para valores inferiores a 100 V :



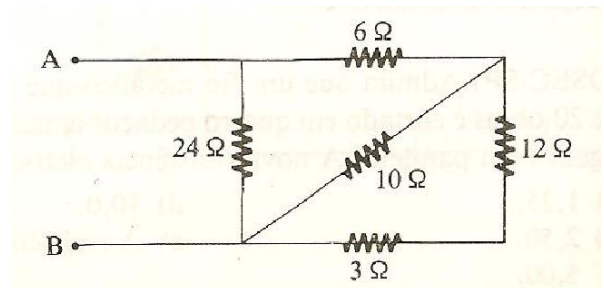
- I) O valor da resistência elétrica de cada um dos condutores é constante, isto é, os condutores são ôhmicos.
- II) O condutor de resistência elétrica R_1 , tem resistência elétrica maior do que o condutor de resistência elétrica R_2 .
- III) Ao ser aplicada uma diferença de potencial de 80 V aos extremos do condutor de resistência elétrica R_2 , passará no mesmo, corrente elétrica com uma intensidade de $0,8 \text{ A}$.

Quais as conclusões corretas?

- a) Apenas I
- b) Apenas II
- c) Apenas I e III
- d) I, II e III

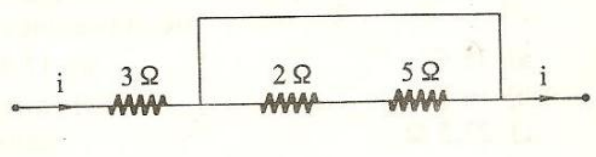
3. Considere o seguinte circuito constituído por resistências elétricas ligadas nos pontos A e B. Qual a resistência elétrica equivalente entre os pontos A e B do circuito?

- a) 5Ω
- b) 8Ω
- c) 10Ω
- d) 12Ω



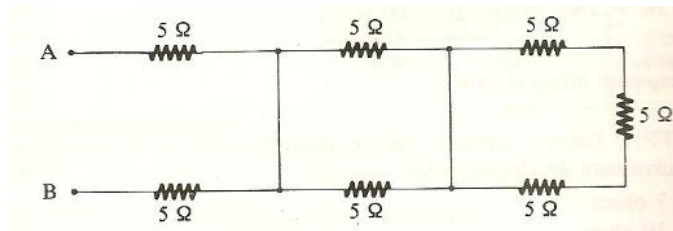
4. Dado o seguinte circuito elétrico, a resistência elétrica equivalente do mesmo tem o valor de:

- a) 7Ω
- b) 10Ω
- c) 3Ω
- d) 5Ω



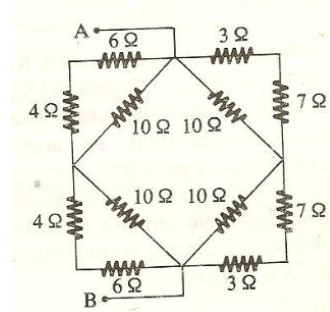
5. A resistência elétrica equivalente entre os pontos A e B representados abaixo é de:

- a) 35Ω
- b) 10Ω
- c) $27,5 \Omega$
- d) $12,5 \Omega$



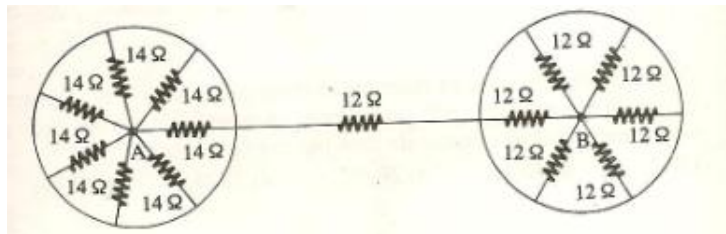
6. No seguinte circuito, a resistência elétrica equivalente entre os pontos A e B é de:

- a) 12Ω
- b) 3Ω
- c) 10Ω
- d) 5Ω



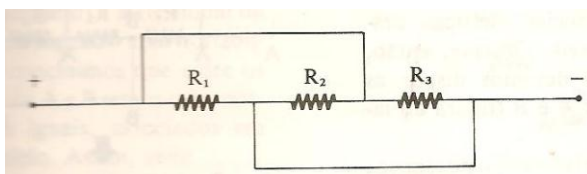
7. A resistência elétrica equivalente entre os pontos A e B da associação abaixo é:

- a) 16Ω
- b) 182Ω
- c) $0,92 \Omega$
- d) 6Ω



8. Com base no seguinte circuito, julgue as afirmações:

- I) As três resistências estão ligadas em série.
- II) As três resistências estão ligadas em paralelo.
- III) A resistência elétrica equivalente é igual a $R_1 + R_2 + R_3$.



- a) Só I é correta
- b) Só II é correta
- c) Só I e III são corretas.
- d) Nenhuma das afirmações é correta.

FÍSICA 2.2. Circuitos elétricos 12º ____ Nº ____ 09/03/2012
FICHA DE TRABALHO: Lei de Ohm, associação de resistências em série e em paralelo
(Chave de Correção)

1. c)
2. c)
3. b)
4. c)
5. b)
6. d)
7. a)
8. b)