

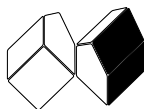
V12/02

REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR
CASA DAS CIÊNCIAS

JUNHO 2024



REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR



FICHA TÉCNICA

Rev. *Ciência Elem.*, V12(02)

Publicação trimestral
da Casa das Ciências

ISSN 2183-9697 (versão impressa)

ISSN 2183-1270 (versão online)

rce.casadasciencias.org

DEPÓSITO LEGAL

425200/17

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Alexandra Coelho

DESIGN

Rui Mendonça

PAGINAÇÃO

Raul Seabra

IMAGEM NA CAPA

Casa das Ciências em *OpenAI*

© Todo o material publicado nesta revista pode ser reutilizado para fins não comerciais, desde que a fonte seja citada.



PROPRIETÁRIO

Casa das Ciências/ICETA

Faculdade de Ciências,

Universidade do Porto

Rua do Campo Alegre, 687

4169-007 Porto

rce@casadasciencias.org

CORPO EDITORIAL DA REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR

EDITOR

João Nuno Tavares (UNIVERSIDADE DO PORTO)

CONSELHO EDITORIAL

Alexandre Lopes Magalhães (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Jorge Manuel Canhoto (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

Paulo Ribeiro-Claro (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

José Cidade Mourão (INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO)

Rute Coimbra (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

Sónia Gouveia (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

José Francisco Rodrigues (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

PRODUÇÃO E SECRETARIADO

Alexandra Coelho

Guilherme Monteiro

Liliana Freitas

Raul Seabra

NORMAS DE PUBLICAÇÃO NA RCE

A Revista de Ciência Elementar dirige-se a um público alargado de professores do ensino básico e secundário, aos estudantes de todos os níveis de ensino e a todos aqueles que se interessam pela Ciência. Discutirá conceitos numa linguagem elementar, mas sempre com um rigor superior.

INFORMAÇÃO PARA AUTORES E REVISORES

Convidam-se todos os professores e investigadores a apresentarem os conceitos básicos do seu labor diário numa linguagem que a generalidade da população possa ler e compreender.

Para mais informação sobre o processo de submissão de artigos, consulte a página da revista em rce.casadasciencias.org

JUNHO 2024

V12/02

Índice

- 02 AGENDA
- 03 NOTÍCIAS
- EDITORIAL
- 05 **O estado do ensino em Portugal.**
João Nuno Tavares
- ARTIGOS
- 07 **Etileno.**
Mariana Neves *et al.*
- 12 **Atividade Experimental.**
Visualização de ondas sonoras em casa com a *app phyphox*.
Albino Rafael Pinto *et al.*
- 16 **O Potencial Didático da Generalização.**
Carlos Gomes
- 23 **A teoria da relatividade restrita.**
Eduardo Lage
- 30 **Colisões plásticas oblíquas.**
Vitor Matos
- 34 **Cinco factos para refletir sobre a unidade mole.**
Sebastião Junior Teixeira Vasconcelos *et al.*
- 38 **A absorção ótica observada em casa.**
Milton Baptista Filho
- PROJETO DE SUCESSO
- 42 **Avaliação do serviço prestado por macrófitas na depuração de águas: estudo de caso.**
Pedro Martins *et al.*
- IMAGEM EM DESTAQUE
- 48 **Tutor artificial.**
João Nuno Tavares

18/05
a 08/09 (2024)

Um Percurso pela Diversidade Genética Humana

O MUHNAC apresenta a exposição *Um Percurso Pela Diversidade Genética Humana*, fruto do projeto do i3S em parceria com o ICS da Universidade de Lisboa. A mostra recapitula a viagem de Fernão de Magalhães e Juan Sebastián Elcano (1519–1522), explorando a diversidade genética dos povos encontrados. Destaca a interação entre genética, identidade e práticas sociais. Artistas visuais também investigaram a autopercepção de identidade após testes de ancestralidade. A exposição visa ilustrar a diversidade genética humana ao longo do tempo e espaço, com base no conhecimento científico atual.

Mais informações [aqui](#).

SALA DE EXPOSIÇÕES TEMPORÁRIAS | AUDITÓRIO DO MUSEU NACIONAL DE HISTÓRIA NATURAL E DA CIÊNCIA

24/10 (2024)

Desafios e oportunidades na gestão integrada da água | da fonte ao mar

Em tempos de escassez e contaminação da água, é vital promover a cocriação e a cooperação entre todos. Compreender as relações entre ecossistemas terrestres e aquáticos, nossa responsabilidade em seu uso e conservação, e o papel do *continuum* terra-mar são cruciais para uma governança eficaz da água. Esta conferência de dois dias, focada na abordagem “da fonte ao mar” e alinhada com os ODS 6 e 14, reúne cientistas e profissionais para discutir desafios e oportunidades na gestão integrada da água. Venha explorar soluções inovadoras e traçar caminhos para uma gestão sustentável da água.

Acesso gratuito, sujeito a inscrição no [link](#).

AUDITÓRIO DO MUSEU | MUSEU DE ARTE CONTEMPORÂNEA DE SERRALVES

05/07
a 13/10 (2024)

Phycologia – um mergulho pelo mundo das algas

A exposição *Phycologia* explora o mundo das algas, responsáveis pelo fornecimento de 50 a 80% do oxigénio do planeta. Para além dos aspetos científicos, esta mostra aborda o uso cultural das algas, destacando a sua relevância para Portugal, que possui uma vasta orla marítima. Dividida em três núcleos, a exposição aborda a evolução e as coleções históricas de macroalgas no passado, os resultados de pesquisas e usos atuais e os desafios futuros relacionados com a conservação e mudanças climáticas, para além de projetos de design sustentável recorrendo a algas.

[MUSEU NACIONAL DE HISTÓRIA E DA CIÊNCIA](#)

Funcionários de grandes empresas de IA apela por supervisão mais rigorosa e transparência

Um grupo formado por atuais e ex-funcionários de algumas das principais empresas de inteligência artificial (IA) do mundo afirmou acreditar fortemente no potencial das tecnologias de IA para trazer benefícios significativos à humanidade. No entanto, expressam preocupações profundas sobre os riscos que essas tecnologias podem representar, que variam desde a ampliação das desigualdades existentes e a manipulação da informação, até a perda de controle sobre sistemas autônomos de IA, levando até mesmo a ameaças de extinção da humanidade. Entre eles contam-se alguns dos principais inventores da IA, tais como Jacob Hilton, William Saunders, Carroll Wainwright, Daniel Kokotajlo, Daniel Ziegler (OpenAI), Ramana Kumare Neel Nanda (Google DeepMind), e ainda Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton e Stuart Russell, bem conhecidos nos meios acadêmicos ligados à investigação em IA.

As advertências não são levianas, uma vez que as próprias empresas de IA, governos ao redor do mundo e especialistas independentes já reconheceram esses riscos. “Temos esperança de que estes riscos possam ser adequadamente mitigados com orientação suficiente da comunidade científica, dos decisores políticos e do público”.

Entretanto, um obstáculo significativo permanece: as empresas de IA têm fortes incentivos financeiros para evitar uma supervisão eficaz. Os denunciadores argumentam que as

estruturas personalizadas de governação corporativa são insuficientes para enfrentar essa realidade. As empresas possuem informações críticas e não públicas sobre as suas capacidades tecnológicas, medidas de proteção e níveis de risco, mas atualmente têm pouca obrigação de compartilhar tais informações com os governos e nenhuma com a sociedade civil.

O grupo de funcionários observa que, sem uma supervisão governamental eficaz, são poucos os que podem responsabilizar estas empresas publicamente. No entanto, grandes acordos de confidencialidade impedem de expressar as suas preocupações, exceto internamente, onde essas questões podem ser ignoradas. Eles destacam que as proteções usuais para denunciadores são insuficientes, uma vez que se concentram nas atividades ilegais, e muitos dos riscos atuais ainda não estão regulamentados.

Com base nisso, os funcionários apelam a que as empresas de IA acelerem seu comprometimento com quatro princípios fundamentais:

1. Abertura à Crítica: as empresas não devem celebrar nem fazer cumprir acordos que proibam críticas relacionadas a riscos e não devem retaliar por tais críticas.
2. Processos Anônimos de Denúncia: facilitação de processos verificados onde funcionários atuais e antigos possam levantar preocupações de risco anonimamente ao conselho, reguladores e organizações independentes.
3. Cultura de Crítica Aberta: apoio a uma cultura que permita críticas abertas e elevando preocupações sobre riscos publicamente ou a organizações apropriadas, protegendo segredos comerciais e outros interesses de propriedade intelectual.

4. **Proteção Contra Retaliação:** nenhuma retaliação contra funcionários que compartilhem publicamente informações relacionadas a riscos após a falha de outros processos.

A declaração reflete a urgência da necessidade de uma supervisão mais robusta e enfatiza a importância de permitir que essas vozes sejam ouvidas em prol da segurança e continuidade do desenvolvimento humano.

Especialistas alertam para desvantagens e riscos das provas de avaliação em formato digital

Com a crescente digitalização do ensino, a implementação de provas de avaliação em formato digital tem gerado intensas discussões entre professores, estudantes e especialistas em tecnologia. Embora a mudança prometa modernizar o sistema educativo, várias desvantagens e riscos têm sido apontados, levantando preocupações significativas.

Falta de Infraestrutura Adequada e Problemas Técnicos Frequentes

Muitas escolas ainda não possuem a infraestrutura tecnológica necessária para realizar provas digitais de forma eficiente. A ausência de uma rede de internet robusta e a insuficiência de dispositivos adequados podem prejudicar o desempenho dos alunos na execução das provas. Por outro lado, os testes em formato digital estão sujeitos a falhas técnicas, que não apenas atrasam o processo de avaliação, como também podem resultar na perda de dados importantes, forçando os alunos a reiniciar as suas provas ou até mesmo refazê-las.

Desigualdade de Acesso

A digitalização das provas pode intensificar as desigualdades já existentes no sistema educativo. Alunos de escolas com menos recursos, ou aqueles que não possuem acesso a computadores e internet em casa, encontram-se em desvantagem em comparação com os seus colegas mais favorecidos. Isso pode agravar ainda mais a disparidade no desempenho escolar entre diferentes grupos socioeconômicos.

Segurança de Dados e Privacidade

A segurança dos dados dos alunos é outra preocupação crítica. Provas digitais envolvem o armazenamento e o processamento de informações pessoais e acadêmicas, o que pode ser alvo de ciberataques. A adequação das medidas de proteção de dados ainda é uma área de incerteza e preocupação para pais e educadores.

Impacto no Desempenho dos Alunos

Estudos indicam que a transição para avaliações digitais pode inicialmente impactar negativamente o desempenho dos alunos. A necessidade de adaptação a um novo formato de prova pode causar ansiedade adicional, além de exigir capacidades técnicas que nem todos os alunos dominam.

Conclusão

Enquanto a digitalização das provas de avaliação oferece inúmeras vantagens potenciais, como a rapidez na correção e o acesso a uma gama mais diversificada de perguntas, os numerosos riscos e desvantagens não podem ser ignorados. A implementação bem-sucedida de provas digitais exige um planejamento cuidadoso, investimento em infraestrutura e um compromisso com a equidade educacional para garantir que todos os alunos tenham as mesmas oportunidades de sucesso.

O estado do ensino em Portugal.

A educação e a cultura são dois pilares fundamentais de qualquer regime político. Foi por isso que os regimes ditatoriais não descuraram o enorme potencial doutrinário do ensino. Durante o regime salazarista, por exemplo, a maior parte dos jovens nem sequer tiveram acesso ao ensino. Apostou-se no analfabetismo medieval, porque um povo culto seria incómodo para o regime. Por outro lado, estes tipos de regimes selecionaram cuidadosamente as elites, submetendo-as a uma criteriosa doutrinação com ideias nacionalistas, racistas, colonialistas e imperialistas. Tudo isto à custa da exclusão, da coerção da liberdade individual e da aniquilação do indivíduo intelectualmente livre, para que os regimes se perpetuassem sem oposição.

Em democracia, cujo princípio básico é o respeito pela liberdade individual, na sua plenitude, o ensino foi anunciado como inclusivo, com oportunidades iguais para todos, independentemente do estrato social ou *status* económico – o tão proclamado “elevador social”.

Mas a realidade desmente dramaticamente estas boas intenções. Para ser inclusivo, apostou-se num ensino que gradualmente se tornou cada vez menos exigente, infantilizado, pobre de conteúdos, e com uma total desresponsabilização dos alunos e encarregados de educação. A profissão docente foi desvalorizada socialmente, e a educação e a cultura tornaram-se pouco (ou nada) reconhecidas como fatores fundamentais de valorização social, cultural e humanística. Os que as valorizam, em geral filhos de famílias com maior poder económico e culturalmente mais apetrechadas, deslocam os seus filhos para escolas privadas de elite.

Desta forma puderam “embelezar-se” resultados, que não correspondem genericamente à fraca qualidade real dos alunos, refletida nas competências mais básicas – escrita manual, leitura e interpretação de um texto, expressão oral, ou cálculos elementares. Falsearam-se resultados e as pressões para aprovações automáticas é enorme por parte dos governos. Complicou-se a avaliação de conhecimentos, criando-se metodologias inúteis e grelhas insustentáveis, de uma complexidade pedante, tudo para mascarar o pobre estado da escola pública.

No entanto, é de elementar justiça reconhecer a enorme dedicação, competência e espírito de sacrifício de uma grande maioria de docentes e dirigentes escolares, e de um número razoável de alunos que, apesar do caos reinante, conseguem à custa do seu mérito e esforço pessoais, superar as dificuldades criadas pela confusão generalizada.

Responsáveis? Há vários, na minha opinião – o poder político, em primeiro lugar, e os representantes das tendências da moda (altamente variável) de certas escolas de psicologia. Com a influência política que têm tido, transformaram a escola pública num imenso laboratório de

experimentalismo pedagógico. Com isso degradaram-na, inundando-os com uma burocracia asfixiante e coagindo-os a seguir normativos, muitas vezes ambíguos e contraditórios, indecifráveis na sua linguagem pseudocientífica, dada a variabilidade das suas ideias, sem qualquer rigor ou coerência científica. Criaram uma escola de facilitismo crónico, onde grassa a indisciplina, a desmotivação, o desinteresse, a apatia e a total desvalorização do conhecimento e do esforço individual implícito ao ato de aprendizagem. Uma escola onde não há estratégia, objetivos bem definidos ou obstáculos para vencer. Provas de aferição que nada avaliam, projetos e mais projetos de *copy/paste*, feitos *googlando* ou *chatbooteando* bases de dados, com um acrítico e frenético recurso ao digital e ao “moderno”.

Para agravar esta situação, está em curso um novo assalto à escola pública, que dá pelo nome de “digitalização do ensino”. O que aí vem? Manuais digitais, provas em computador, abolição da escrita manual, substituída por teclados, e da leitura pausada, concentrada e interpretativa, que só o livro clássico permite. Tudo o que está a ser rejeitado em vários países, está em implementação entusiástica, incentivada pelas empresas tecnológicas e afins, para baralhar ainda mais o caos instalado na escola pública. A esta restará a perseguição do “grande desígnio” da modernidade – produzir pouco mais do que hábeis plagiadores, pesquisadores acríticos de (des)informação massiva, seres iletrados, fascinados pelos recentes instrumentos da IA.

Só o Professor poderá regular e conter estes novos ataques à escola pública. São eles os garantes de uma escola forte e exigente, que seja uma garantia do fortalecimento da democracia e da lucidez libertadora dos jovens perante os obsessivos apelos e tentações da sociedade contemporânea – apelos à competitividade sem regras, ao empreendedorismo de alto risco, à produtividade à custa da degradação da qualidade de vida, etc.

João Nuno Tavares

Coordenador da Casa das Ciências

Etileno.

Mariana Neves*, Sandra Correia*[‡], Jorge Canhoto*

* CEF/ LAT/ DCV/ U. Coimbra | [‡] InnovPlantProtect CoLab

O etileno, C_2H_4 , é uma hormona vegetal que tem um papel crucial em vários processos do desenvolvimento das plantas e em repostas a vários fatores de stresse. O seu efeito nos tecidos vegetais é consequência de uma via de sinalização complexa que envolve a ativação de fatores de transcrição que controlam a expressão de inúmeros genes de resposta ao etileno. Esta hormona tem um papel fundamental no desenvolvimento da raiz, formação de pelos radiculares, senescência, abscisão foliar e maturação dos frutos. O etileno está também envolvido na tolerância a diversos fatores de stresses abióticos e bióticos como temperaturas elevadas, salinidade, seca e ataques de fungos e bactérias. De um modo geral, esta hormona destaca-se como um elemento-chave na regulação de processos de desenvolvimento, stresse e adaptação das plantas ao ambiente que as rodeia.

O etileno é uma hormona vegetal de estrutura simples, C_2H_4 , gasosa à temperatura ambiente, que é sintetizada e libertada pelos tecidos vegetais. Apesar da sua simplicidade, participa em múltiplos processos do desenvolvimento vegetal e em várias respostas aos stresses bióticos e abióticos. O efeito do etileno nas plantas foi reportado pela primeira vez na ervilha, em 1901, por Dimitry Neljubov. No entanto, foi Richard Gane, em 1934, quem fez a grande descoberta de que as plantas não só respondiam ao etileno, como também o sintetizavam. A correlação entre a síntese de etileno e a sua atividade biológica mostrou à comunidade científica que moléculas em estado gasoso podiam atuar também como hormonas. O etileno marcou, assim, a história como a primeira molécula gasosa com função sinalizadora a ser conhecida.

A biossíntese do etileno foi bastante estudada na segunda metade do século XX, período no qual Adams e Yang identificaram a *s*-adenosilmetionina (SAM) e o ácido aminociclopropano carboxílico (ACC), como os seus dois intermediários. De um modo geral, a biossíntese desta hormona inicia-se com a conversão de SAM em ACC, pela ACC sintase, e finalmente o ACC é convertido em etileno pela ACC oxidase. O uso de diversos mutantes com resposta variável ao etileno, obtidos da planta modelo *Arabidopsis thaliana*, permitiu ao longo dos anos não só compreender a função desta hormona no desenvolvimento vegetal, como também perceber quais os componentes da sua via de sinalização, dos quais se destacam os recetores de etileno. O recetor de etileno denominado *Ethylene Receptor 1* (ETR1) em

A. thaliana foi não só o primeiro recetor de etileno identificado, como também foi o primeiro recetor de hormonas vegetais a ser clonado e sequenciado. Em *A. thaliana*, o etileno é reconhecido por uma família de cinco recetores denominados ETR1, ERS1 (*Ethylene Response Sensor 1*), ETR2, EIN4 (*Ethylene Insensitive 4*) e ERS2. Estes recetores situam-se na membrana do retículo endoplasmático (ER) e é a partir da ligação do etileno ao recetor que se desencadeia uma via de sinalização complexa. Dois componentes chave nesta via de sinalização são a proteína-cinase *Constitutive Triple Response 1* (CTR1) e a proteína *Ethylene Insensitive 2* (EIN2), que funcionam como reguladores negativos e positivos, respetivamente (FIGURA 1). CTR1 tem a função de fosforilar EIN2 e impedir a sua função na via de sinalização; já EIN2 quando não impedida tem a função de aumentar a atividade de fatores de transcrição EIN3 e EIN3-LIKE 1 (EIL1) que, por sua vez, controlam a transcrição de genes de resposta ao etileno, como os fatores de transcrição da família ERFs (*Ethylene Response Factors*).

De uma maneira geral, na ausência de etileno (ar) os recetores mantêm a proteína-cinase CTR1 ativa, que por sua vez fosforila EIN2. Esta fosforilação diminui os níveis de EIN2 impedindo o seu transporte para o núcleo e a ativação dos fatores de transcrição. Na presença de etileno, a sua ligação inibe os recetores, com consequente desativação de CTR1. A perda de atividade de CTR1 permite a clivagem da proteína não fosforilada EIN2, ancorada no ER. O domínio C-terminal de EIN2 (EIN2-C) libertado após a clivagem, é transportado para o núcleo e ativa a via de sinalização a jusante de EIN2 ao desencadear a atividade dos fatores de transcrição EIN3/EIL1.

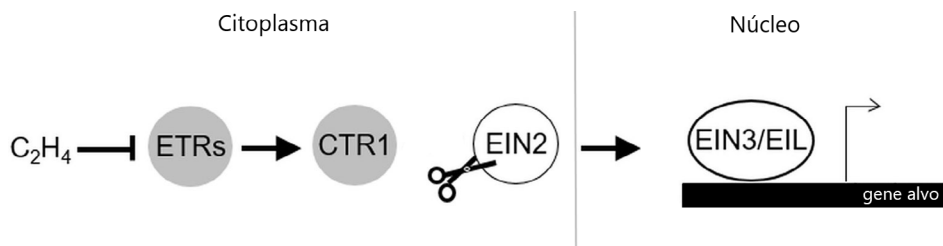


FIGURA 1. Esquema geral da via de sinalização do etileno e alguns dos seus componentes chave. Círculos cinzentos indicam reguladores negativos; círculos brancos indicam reguladores positivos; (→) indica efeito regulador; (⊣) indica inibição. Esquema adaptado de Dolgikh et al., 2019.

As diferentes respostas ao etileno revelam os inúmeros papéis em que esta hormona está envolvida, quer ao nível do desenvolvimento vegetal, quer nas respostas a vários fatores de stress (FIGURA 2). Convém lembrar que o papel do etileno é muitas vezes resultado de uma interação com outras hormonas vegetais, como as auxinas, as citocininas, as giberelinas e o ácido abscísico (ABA). O efeito do etileno nas plantas começa mesmo antes da germinação e tem um papel essencial no desenvolvimento da plântula. A germinação das sementes envolve inicialmente uma quebra da dormência, que resulta de um equilíbrio hormonal

entre o ABA e as giberelinas. De um modo geral, o ABA mantém o fenômeno de dormência, enquanto as giberelinas quebram este efeito e promovem a germinação. O etileno participa no processo de quebra da dormência, pois promove a germinação por diminuir os efeitos do ABA através da regulação do seu metabolismo e via de sinalização. O etileno está também envolvido no crescimento do hipocótilo, porém o seu efeito depende da presença ou ausência de luz, observando-se o crescimento dos hipocótilos à luz, enquanto o seu alongamento é inibido no escuro. Ao nível do sistema radicular, o etileno tem um papel inibitório tanto no desenvolvimento da raiz principal, como das raízes laterais. As auxinas e o etileno inibem sinergicamente o desenvolvimento da raiz principal, no entanto, as auxinas são essenciais para a formação de raízes laterais. O efeito inibitório do etileno no desenvolvimento radicular é inerente à sua regulação na biossíntese, transporte e acumulação de auxinas nas diferentes zonas da raiz. Resumidamente, o etileno leva a uma acumulação de auxinas tanto na zona meristemática como na zona de alongamento da raiz, resultando na inibição da proliferação e do alongamento celular. Esta acumulação de auxinas no ápice da raiz impede que estas se acumulem nas zonas laterais, onde seriam necessárias para a formação de raízes laterais. No entanto, o etileno promove a formação de pelos radiculares, pela ativação de fatores de transcrição envolvidos na sua iniciação e desenvolvimento.

O etileno é também uma hormona chave no processo de envelhecimento das plantas estando envolvido no amadurecimento dos frutos e na senescência e abscisão das folhas e das flores. Ao nível da folha, este fenômeno está, em grande parte, relacionado com a perda de clorofila; já ao nível das flores, o etileno desencadeia um conjunto de eventos celulares nos seus diferentes órgãos, que levam à sua senescência e posterior abscisão. O amadurecimento dos frutos climatéricos é o papel mais reconhecido do etileno, pois tem importantes aplicações económicas. Os frutos climatéricos são todos aqueles que apresentam uma taxa de respiração elevada durante o seu amadurecimento, acompanhada de uma grande produção de etileno, tais como a maçã, banana, tomate, entre outros. O aumento na síntese de etileno e da sua perceção leva à ativação de fatores de transcrição da família ERF, que, de seguida, modulam a transcrição de genes de resposta ao etileno, neste caso, genes associados ao amadurecimento. Este processo leva a alterações fisiológicas e bioquímicas no fruto como a redução dos níveis de clorofila e o aumento de antocianinas, modificações no metabolismo dos açúcares e na biossíntese de compostos orgânicos voláteis, que resultam na mudança de cor, amolecimento e aumento do aroma, sabor e conteúdo em açúcares. Controlar o processo de amadurecimento dos frutos pós-colheita é fundamental para aumentar o seu tempo de prateleira. A estratégia mais comum passa por reduzir a síntese ou ação do etileno nos tecidos vegetais; por exemplo, o composto 1-metilciclopropeno (1-MCP) tem sido usado ao longo dos anos para reduzir a ação do etileno, pois atua como um inibidor competitivo para os recetores de etileno. Diminuir a temperatura e controlar a atmosfera de armazenamento a que os frutos estão expostos também é uma

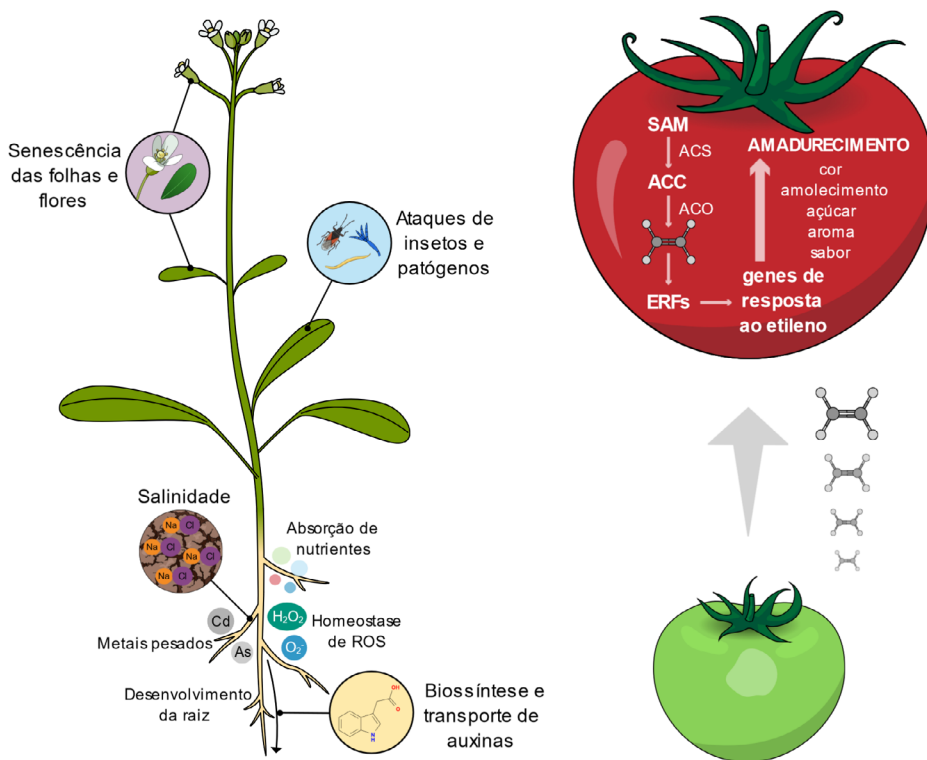


FIGURA 2. À esquerda esquema de alguns papéis do etileno no desenvolvimento e tolerância a condições de stress. À direita esquema de amadurecimento do tomate.

Nos últimos anos vários estudos têm reportado o papel do etileno na tolerância a vários fatores de stress, como calor, hipóxia, metais pesados, salinidade, seca, e ataque de bactérias, fungos e herbívoros. No entanto, é de referir que, dependendo da espécie, o etileno pode também ter uma papel negativo nestas respostas e tornar a planta mais suscetível. A tolerância a temperaturas mais elevadas promovida pelo etileno está relacionada com a homeostase de espécies reativas de oxigénio (ROS), regulada por antioxidantes enzimáticos e não-enzimáticos resultando em menores danos oxidativos. Em condições baixas de O₂ o etileno induz mudanças morfológicas e bioquímicas que permitem a sobrevivência da planta, como a expressão de genes relacionados com o azoto e um aumento da respiração anaeróbia. A tolerância a metais pesados, como o arsénio e o cádmio, parece estar relacionada com a modulação da transcrição de ERFs específicos resultantes da ativação da via de sinalização do etileno. O etileno promove a tolerância à salinidade através da manutenção da homeostase de Na⁺/K⁺, nutrientes e ROS, e também pelo aumento da assimilação de nitratos e sulfatos. A tolerância à seca parece estar associada a uma regulação positiva no aumento do conteúdo em açúcares e prolina de modo

a combater o stress osmótico, levando a uma diminuição da peroxidação lípica. O ataque de agentes patogénicos, como bactérias e fungos é acompanhado pela ativação de fatores de transcrição que estão envolvidos na regulação de genes associados à imunidade, tornando a planta menos suscetível.

Numa altura em que as preocupações relacionadas às alterações climáticas e à segurança alimentar estão em destaque, o etileno revela-se como uma hormona chave na regulação da capacidade adaptativa das plantas. Assim, é essencial compreender os múltiplos papéis do etileno e os seus mecanismos de sinalização para encontrar novas estratégias que otimizem o desenvolvimento das plantas e a sua adaptação a ambientes pouco favoráveis.

Atividade Experimental. Visualização de ondas sonoras em casa com a *app phyphox*.

Albino Rafael Pinto*, Carlos Saraiva‡, Alexandrina Candeias‡

*AEL | ‡AET

Com o objetivo de promover aprendizagens e desenvolver competências, tal como preconizado no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória, foi proposta uma atividade que permitia aos alunos a visualização de ondas sonoras recorrendo a uma aplicação, *phyphox*, de fácil instalação e acesso nos seus *smartphones*.

A atividade foi proposta a alunos na disciplina de Físico-Química do 8.º ano de escolaridade durante a pandemia COVID-19 e verificámos que houve uma boa aceitação e recetividade na proposta apresentada, mesmo estando os alunos em casa. As ondas sonoras foram produzidas por uma aplicação (*Pro Audio Tone Generator*) que funcionou como gerador de sinais e visualizadas por outra aplicação (*phyphox*) que funcionou como osciloscópio.

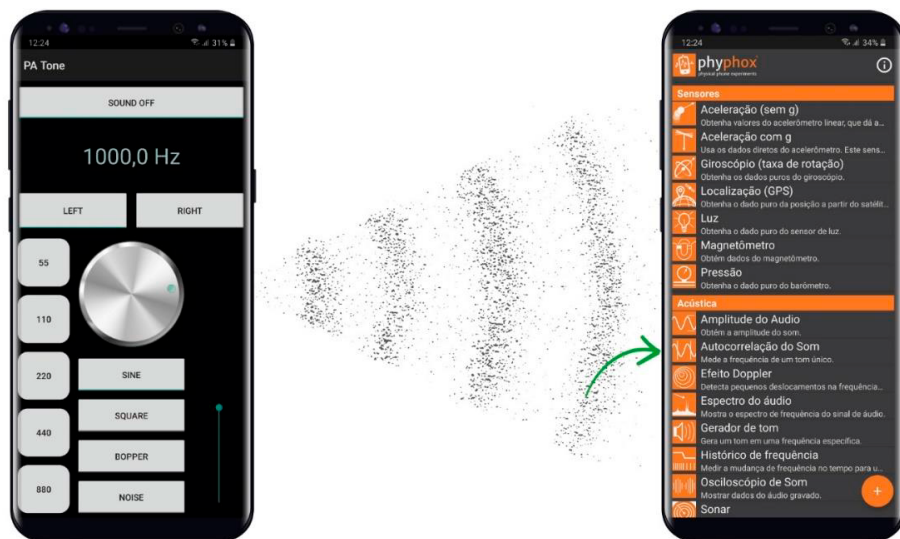


FIGURA 1. Esquema da atividade.

Para realizar este trabalho é necessário usar dois smartphones e as duas aplicações referidas. Pediu-se aos alunos para lerem o QR Code de cada aplicação e instalarem as mesmas (no telemóvel 1 a *Pro Audio Tone Generator* e no telemóvel 2 a *phyphox*). De seguida, deve ativar-se a aplicação *PA Tone* e criar uma onda sonora de frequência, por exemplo, igual a 1000 Hz. Com o telemóvel 2 a funcionar como osciloscópio selecionar a opção “Autocorrelação do Som” assinalada com a seta verde (ver FIGURA 1).

Para iniciar o registo é necessário clicar na barra laranja no ponto indicado pela seta azul e para parar a imagem clicar na mesma posição (FIGURA 2). Observar o ecrã do telemóvel 2 e parar a imagem. Registrar o valor da frequência, f , e do período, T , da onda captada.



FIGURA 2. Registos.

Também é possível alterar a imagem para permitir uma melhor visualização. Para isso basta clicar na área do gráfico e fazer zoom. Os alunos compartilharam as suas imagens enviando-as por e-mail. Basta clicar na barra laranja no canto superior direito e selecionar “Compartilhar captura de tela”, ficando disponíveis diferentes formas para as partilhar (e-mail, *Whatsapp*, *Messenger*, etc.).

Por último, desafiámos os alunos a visualizarem sons do dia a dia e sons musicais com o telemóvel 2 a funcionar como osciloscópio.

Resultados.

Depois de os alunos realizarem a atividade foi-lhes pedido que enviassem uma imagem da onda que captaram com o telemóvel 2 e praticamente todos os alunos a enviaram, evidenciando que foi muito fácil para eles a execução da atividade. Selecionámos três que se apresentam abaixo.



FIGURA 3. Ondas puras obtidas nos smartphones.

Muitos alunos responderam também ao desafio de visualizarem ondas sonoras de sons do dia a dia. Na FIGURA 4 apresentamos algumas imagens dos seus resultados.

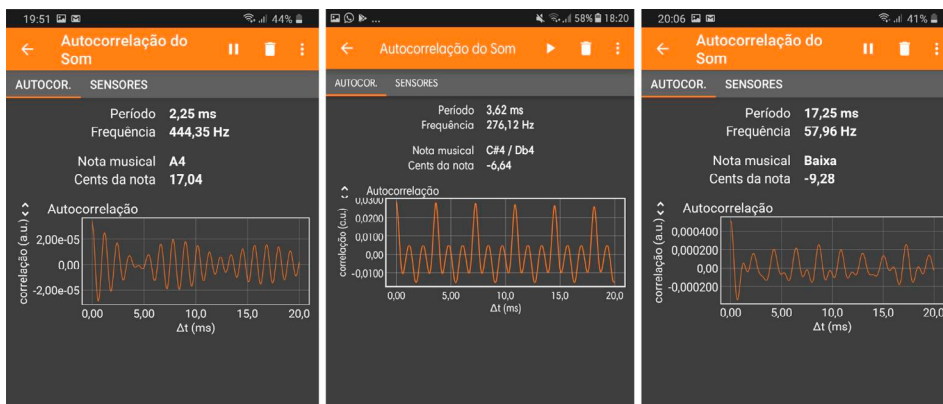


FIGURA 4. Ondas complexas captadas pelos alunos.

Elaborámos um inquérito/questionário com o *Google Forms* para percebermos como os alunos reagiram a esta atividade que tinha sido proposta para casa. Estávamos interessados em saber quais os pontos positivos e negativos, se o guião que acompanhava a atividade era explícito, se os pais/encarregados de educação participaram/colaboraram na realização da atividade e, claro, se consideravam a atividade interessante. Responderam praticamente todos os alunos do Agrupamento de Escolas de Trancoso do 8.º ano de escolaridade.

Os resultados foram: cerca de 95% gostou; 5% não gostou; 23% classificou a atividade como muito interessante; 74% como interessante; 3% como pouco interessante.

Em relação aos pontos positivos, algumas respostas foram: “a aplicação é muito boa”, “Dá para levar para todo o lado e não precisa de Internet para funcionar”, “é muito prática de fazer”, “aprendemos mais sobre ondas sonoras”, “Gostei de visualizar virtualmente como é o som e as suas ondas sonoras”, “Foi possível adquirir conhecimentos teóricos e práticos recorrendo a uma atividade”, “Utilização de novas tecnologias”, “podemos ver curvas de som puro”, “dar para fazer muita coisa e usar gratuitamente instrumentos que custam muito dinheiro”, “Considere didático e interessante”, “Aprendi como se mediam as ondas sonoras” e “Consegui ver perfeitamente bem o som”.

Em relação aos pontos negativos, o mais referido foi que, não tendo dois telemóveis, tiveram que pedir um telemóvel aos pais/irmãos. Claro que esta dificuldade foi fácil de resolver e quase todos os alunos pediram um smartphone aos pais ou aos irmãos e executaram a atividade seguindo o guião proposto. No atinente aos pontos negativos, uma grande parte dos alunos referiu que “não há”, “nada”, “não tem” e “nenhum”.

Em relação ao guião que acompanhava a atividade, para nós era muito importante que as informações fossem claras. É importante reiterar que este guião foi enviado aos alunos através

da plataforma *moodle* e por *e-mail*, durante a pandemia, por isso, essas informações deveriam permitir que os alunos realizassem a atividade de forma autônoma. Neste ponto os resultados foram: cerca de 95 % referiu que tinha indicações claras para a realizar, cerca de 3,5 % referiu que não tinha e cerca de 1,5 % referiu que devia ter indicações mais claras para realizar a atividade.

Nos comentários gerais, os alunos referiram que: "Gostei da atividade, pois consegui "ver" ondas sonoras (antes desta atividade, pensava que era muito mais complexo!)", "Aproveitei também para fazer algumas experiências com base no software indicado: diminuir e aumentar diversos fatores à vez (distância, intensidade, frequência, período...)", "Gostei da atividade pois era interessante e pudemos aprender usando as novas tecnologias", "Realizar atividades semelhantes com mais frequência", "Gostaria de fazer outra atividade", "Gostei bastante de realizar esta atividade e deveria ser proposto este tipo de formato de trabalho mais frequentemente" e "Fazer atividades experimentais deste gênero quando voltarmos à escola".

Conclusão.

Com base nas imagens que os alunos registaram no smartphone que funcionou como osciloscópio e que nos enviaram por *e-mail* e nas suas respostas ao questionário, podemos concluir que esta atividade é exequível e pode ser replicada com sucesso em qualquer escola.

A variedade de sensores, a sua portabilidade e a sua acessibilidade fazem dos telemóveis um excelente recurso digital para ser explorado fora da escola. Na verdade, os professores e os alunos têm um gerador de sinais e um osciloscópio no "bolso". A aplicação *phyphox* é muito versátil e pode ser usada em experiências de luz, pressão, mecânica e eletromagnetismo.

O Potencial Didático da Generalização.

Casos Particulares.

Carlos Gomes

ESA

Muitos são os exemplos em que um problema apresentado aos alunos (em manuais, cadernos de exercícios, provas, exames nacionais) não é mais do que um caso particular de um resultado geral. Neste texto traz-se como exemplo um problema de um exame nacional, para tentar mostrar o potencial didático que ele pode conter quando o exploramos, com tempo, na sala de aula ou fora dela. Colocando ênfase nas premissas que garantem o resultado solicitado, usando o arsenal matemático já disponível, ou outro ainda por explorar, testando hipóteses recorrendo a modelos dinâmicos criados para o efeito, é prazer garantido, não para todos, mas para muitos que estão à sua espera, ao abrigo da escola inclusiva.

O Problema.

Considere as funções f e g , de domínio $]0, +\infty[$, definidas por $f(x) = \frac{k}{x}$ e por $g(x) = -\frac{k}{x}$, com $k > 0$.

Considere ainda:

- Dois pontos P e Q , com a mesma abcissa, pertencentes, respetivamente, ao gráfico da função f e ao gráfico da função g ;
- A reta s , tangente ao gráfico da função f no ponto P ;
- A reta t , tangente ao gráfico da função g no ponto Q ;
- O ponto R , ponto de intersecção das retas s e t .

Mostre que, qualquer que seja a abcissa dos pontos P e Q , a área do triângulo $[PQR]$ é igual a k .

(Problema *16 – Exame Nacional de Matemática A – 2023 – 2ª F)

Primeiras impressões.

Neste problema, é com relativa tranquilidade que se percebe que a condição $f = -g$ e $f(x) \neq 0$ para todo o $x \in D_f$ é suficiente para que R tenha a sua existência garantida no

eixo Ox . E isto é claro porque sabemos que $f'(x) \neq 0$ em todo o domínio considerado. Caso $f'(x) = 0$, para algum x , o ponto R deixaria de existir (assim como o $\Delta [PQR]$). As imagens abaixo ilustram as duas situações para a função $f(x) = e^{\sin x} + 2$.

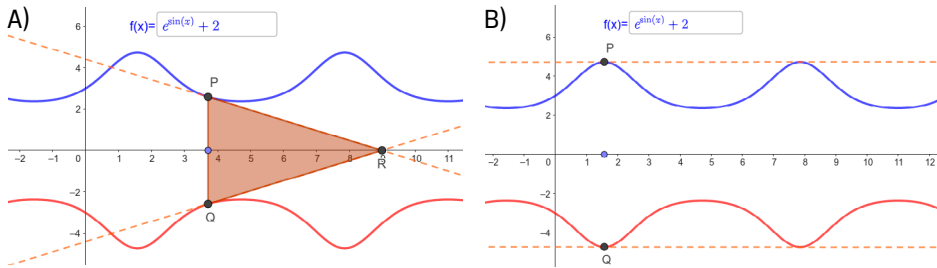


FIGURA 1. $f(x) = -g(x)$ e $f'(x) \neq 0$ garantem que R está no eixo Ox . A) $f'(x_P) \neq 0$. B) $f'(x_P) = 0$.

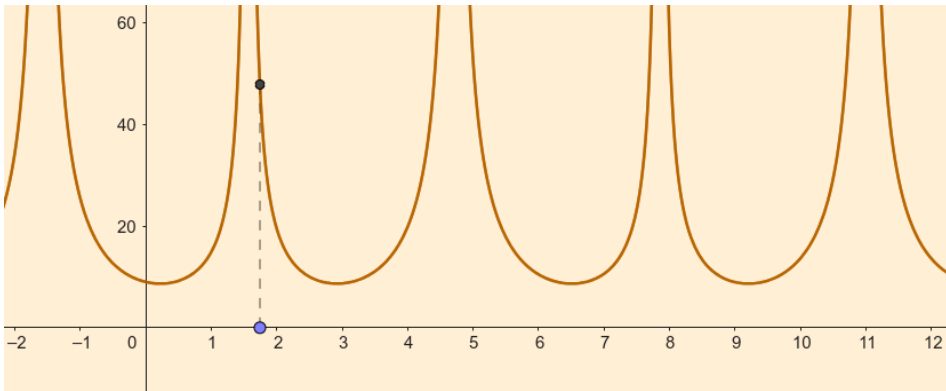


FIGURA 2. Gráfico da função $A_{\Delta[PQR]}(x)$ para $f(x) = e^{\sin x} + 2$.

Note-se que, em geral, como se pode ver pelas FIGURAS 1 e 2, a área do triângulo $[PQR]$ não é constante, quando a abscissa de P e Q varia, ao contrário do que acontece no Problema 16 para a função $f(x) = \frac{k}{x}$. Em geral, quando $f'(\alpha) = 0$, a área “explode” para ∞ para valores de x muito próximos de α .

O leitor pode, se entender, manipular a construção [GeoGebra](#), experimentando outras funções a seu gosto. Casos que podem ser interessantes de experimentar:

$$f(x) = e^x; f(x); f(x) = \tan(x); f(x) = \frac{20}{x-2}; f(x) = 5; f(x)$$

$$f(x) = x^n; f(x) = \tan^n(x); f(x) = \sin^n(x) (n \geq 2)$$

Generalizações.

A função f que surge no Problema 16, e a área constante que daí resulta, é apenas um caso particular do seguinte resultado.

Teorema 1: Área do triângulo.

Seja f uma função diferenciável num intervalo aberto de \mathbb{R} . Considere ainda:

- Dois pontos P e Q , com a mesma abcissa α , pertencentes, respetivamente, aos gráficos de f e $-f$;
- A reta s , tangente ao gráfico da função f no ponto P ;
- A reta t , tangente ao gráfico da função $-f$ no ponto Q ;
- O ponto R , ponto de intersecção das retas s e t .

Então, a área do triângulo $[PQR]$ é dada por $A(\alpha) = \frac{f(\alpha)^2}{|f'(\alpha)|}$, para todo o $\alpha \in D_f$ que satisfaça a condição $f'(\alpha) \neq 0$.

Demonstração.

Equações das retas s e t :

$$\begin{aligned} s : y &= f'(\alpha)(x - \alpha) + f(\alpha) \\ t : y &= -f'(\alpha)(x - \alpha) - f(\alpha) \end{aligned} \quad (1)$$

A intersecção das retas apenas não ocorre se $f'(\alpha) = 0$, pois nesse caso $s \parallel t$, que serão coincidentes caso α seja simultaneamente um zero de f . Daqui para a frente admitimos que $f'(\alpha) \neq 0$, para todo $\alpha \in D_f$. Sendo $R(x, y)$, das equações (1) resulta que

$$y = -f'(\alpha)(x - \alpha) - f(\alpha) = -[f'(\alpha)(x - \alpha) + f(\alpha)] = -y \Leftrightarrow y = 0 \quad (2)$$

O que significa que o ponto R vive no eixo Ox , sendo a sua abcissa, x , a solução da equação (α fixo):

$$0 = f'(\alpha)(x - \alpha) + f(\alpha)$$

Resolvendo-a,

$$\begin{aligned} 0 &= f'(\alpha)(x - \alpha) + f(\alpha) \\ 0 &= f'(\alpha)x - \alpha f'(\alpha) + f(\alpha) \\ x &= \frac{\alpha f'(\alpha) - f(\alpha)}{f'(\alpha)} = \alpha - \frac{f(\alpha)}{f'(\alpha)} \end{aligned} \quad (3)$$

Segue-se de (2) e (3) que R tem de coordenadas $R\left(\alpha - \frac{f(\alpha)}{f'(\alpha)}, 0\right)$. Assim, a área do

triângulo $[PQR]$ será dada por

$$A(\alpha) = \frac{1}{2} \left| 2f(\alpha) \left(\alpha - \frac{f(\alpha)}{f'(\alpha)} \right) \right| \Leftrightarrow A(\alpha) = \frac{f(\alpha)^2}{|f'(\alpha)|} \quad (4)$$

No Problema 16, $f(x) = \frac{k}{x}$ e $g(x) = -f(x)$, sendo que f é diferenciável e $f'(x) \neq 0$

no domínio considerado. Verificando o resultado (4),

$$A(\alpha) = \frac{\left(\frac{k}{\alpha}\right)^2}{\left|-\frac{k}{\alpha^2}\right|} = \frac{k^2}{\alpha^2} \times \frac{\alpha^2}{k} = k$$

Nota para reflexão:

A abscissa do ponto R , $x_a = \alpha - \frac{f(\alpha)}{f'(\alpha)}$, e a fórmula recursiva no método de Newton,

$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$, não têm o mesmo aspeto por acaso, pois não? No caso particular

da função $f(x) = \frac{k}{x}$, $x_{n+1} = 2x_n$, o que não surpreende mas traduz certas propriedades geométricas únicas presentes nas hipérbolas, nomeadamente algumas relacionadas com áreas (voltaremos a este aspeto mais tarde, numa demonstração quase visual...).

Mais além...

Tal como observamos atrás, em geral, a área $A_{\Delta}(x)$ do triângulo $[PQR]$ não é uma função constante.

Por exemplo, se $f(x) = e^{\sin(x)} + 2$ (FIGURA 1), basta observar que esta tem extremos para afirmar que a área do triângulo $[PQR]$ varia. Neste exemplo, essa área é dada, para cada valor de $x \in \mathbb{R} \setminus \left\{ \frac{\pi}{2} + t\pi, t \in \mathbb{Z} \right\}$, pela função $A_{\Delta}(x) = \frac{f(x)^2}{|f'(x)|} = \frac{(e^{\sin x} + 2)^2}{e^{\sin x} |\cos x|}$, cuja representação gráfica se encontra na FIGURA 2.

No entanto, no Problema 16 estamos perante uma função, $f(x) = \frac{k}{x}$, cuja função $A_{\Delta}(x) = k$ (constante!). Já sabemos que $f(x) = \frac{k}{x}$ é diferenciável e não tem extremos. Mas isso não chega para garantir que a área do triângulo $[PQR]$ seja constante: a função $f(x) = e^x$ também é diferenciável e não tem extremos, no entanto $A_{\Delta}(x) = e^x$ (curioso!). Assim, a questão que se pode colocar é:

Quais são exatamente as funções que têm como função área associada, $A_{\Delta}(x)$, uma determinada constante k positiva?

A resposta está no seguinte resultado.

Teorema 2: Funções de área constante

Seja f uma função diferenciável em todo o seu domínio, com $f'(x) \neq 0$, e o triângulo $[PQR]$ tal como definido no Teorema 1. Então,

$$A_{\Delta}(x) = k \text{ (constante positiva)} \Leftrightarrow f(x) = \pm \frac{k}{x+c}, \text{ com } c \text{ constante}$$

Demonstração.

(\Leftarrow) Basta substituir $f(x)$ e $f'(x)$ na expressão $A(x) = \frac{f(x)^2}{|f'(x)|}$ e verificar que tudo se simplifica para k (é deixado como exercício).

(\Rightarrow) Nesta implicação temos de resolver a equação $\frac{f(x)^2}{|f'(x)|} = k$ em ordem a $f(x)$ e mostrar que a solução é a família de funções $f(x) = \pm \frac{k}{x+c}$.

Fazendo $y = f(x)$, a equação (diferencial) fica

$$\frac{y^2}{|y'|} = k \Leftrightarrow y^2 = k|y'| \Leftrightarrow y^2 = -ky' \quad (y' < 0) \vee y^2 = ky' \quad (y' > 0)$$

Resolvendo cada uma das equações da disjunção,

$$y^2 = -ky' \Leftrightarrow -\frac{y'}{y^2} = \frac{1}{k} \Rightarrow \int -\frac{y'}{y^2} dx = \int \frac{1}{k} dx \Leftrightarrow \frac{1}{y} = \frac{x+c}{k} \Leftrightarrow y = \frac{k}{x+c}$$
$$y^2 = ky' \Leftrightarrow \frac{y'}{y^2} = \frac{1}{k} \Rightarrow \int \frac{y'}{y^2} dx = \int \frac{1}{k} dx \Leftrightarrow -\frac{1}{y} = \frac{x+c}{k} \Leftrightarrow y = -\frac{k}{x+c}$$

Isto é,

$$f(x) = \pm \frac{k}{x+c}$$

Esta expressão define uma família (infinita) de funções, uma para cada valor da constante real c , de modo que a área do triângulo $[PQR]$ é sempre k , para cada valor de c .

O leitor pode, se entender, manipular a construção GeoGebra [aqui](#), visualizando as curvas integrais da equação diferencial e as soluções para as condições iniciais definidas pelo leitor, assim como o triângulo $[PQR]$.

No exemplo dado na FIGURA 3, para $k = 15$ e para a condição $f(3) = 5$, ou seja, para que f contenha o ponto $(3, 5)$ e a área do triângulo seja 15 , $c = 0$.

Fica como exercício verificar que c pode ser obtido, em função da condição inicial $f(\alpha) = \beta$, pela expressão $c = \frac{k - \alpha\beta}{\beta}$.

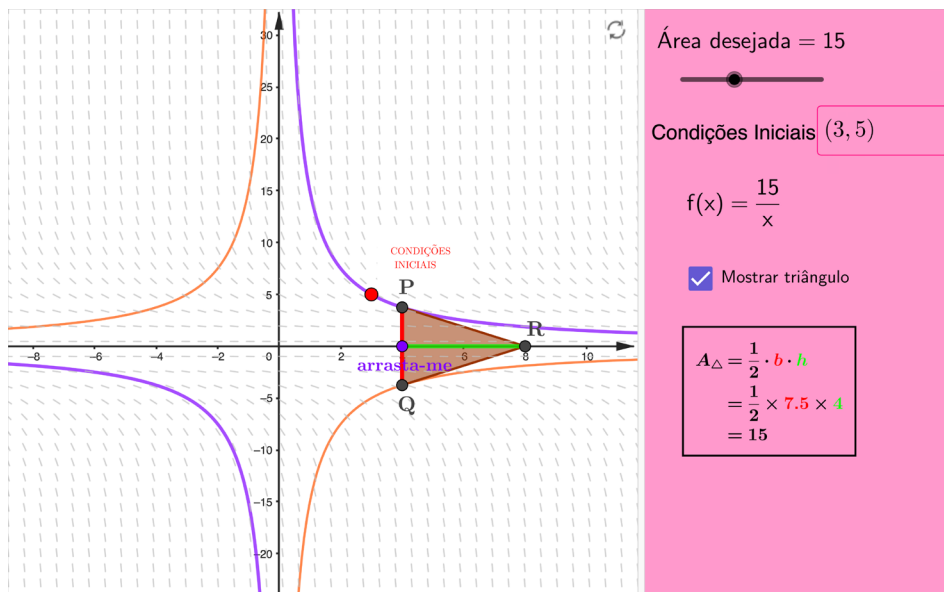


FIGURA 3. $k = 15$ e condição inicial $f(3) = 5$.

O regresso à simplicidade.

A demonstração do Teorema 2 envolveu a utilização de algum arsenal pesado para um aluno do ensino secundário. Primitivas e integrais definidos é um tópico opcional para o 12.º ano no novo programa (Aprendizagens Essenciais). A demonstração levada a cabo é, de todo o modo, um exemplo de como não devemos usar “bazucas” para resolver problemas de simplicidade conhecida.

Quando se consultam os critérios de classificação deste item, existe uma clara orientação para uma abordagem usando essencialmente ferramentas relacionadas com derivadas de funções e geometria analítica.

A geometria analítica é uma ferramenta muito valiosa que nos foi dada pelos matemáticos do século XVII para resolvermos problemas de geometria (e não só), mas não deve ser vista como uma imposição!

Vejamus uma alternativa de resolução do Problema 16, que deveria estar incluída nos critérios de classificação, e como essa abordagem ao problema permite apresentar uma prova alternativa da implicação (\Leftarrow) do Teorema 2, com alguns recursos de geometria sintética que, em última instância, derivam de propriedades da hipérbole.

Partamos da situação mais simples, exatamente a função do Problema 16, $f(x) = \frac{k}{x}$. Esta é a conhecida função de proporcionalidade inversa de constante k , já muito familiar no ensino básico (9.º ano). Também se pode escrever $xy = k$. O significado geométrico desta expressão é óbvio, muito explorado no 9.º ano: a área do quadrilátero $[FEAD]$, de dimensões $x = \overline{FE}$ e $y = \overline{AD}$ é constante e igual a k).

16.	
	Designe-se por a a abcissa dos pontos P e Q .	
	Reconhecer que as ordenadas dos pontos P e Q são, respetivamente, $\frac{k}{a}$ e $-\frac{k}{a}$	2 pontos
	Determinar $f'(x)$ e $g'(x)$	2 pontos
	Obter as equações das retas tangentes aos gráficos das funções f e g , respetivamente, nos pontos P e Q	2 pontos
	Determinar as coordenadas do ponto R	2 pontos
	Reconhecer que a é a altura do triângulo $[PQR]$ relativa ao lado $[PQ]$	2 pontos
	Reconhecer que $\frac{2k}{a}$ é o comprimento de $[PQ]$	2 pontos
	Concluir o pretendido	2 pontos

FIGURA 4. Critérios de classificação.

A teoria da relatividade restrita.

Eduardo Lage

U. Porto

Nos finais do sec. XIX duas questões dominavam a Física: qual o espectro de radiação emitido por um corpo negro? Para que observadores é válida a velocidade das ondas eletromagnéticas prevista por Maxwell? A primeira questão seria respondida por M. Planck (1900) dando início à mecânica quântica e levando a uma mudança radical na formulação da teoria atômica; a segunda questão seria resolvida por A. Einstein (1905) originando uma profunda revisão dos conceitos de tempo e espaço e uma generalização da mecânica de Newton. A noção de espaço-tempo, introduzida por Minkowski, apresenta uma nova geometria onde se definem invariantes e quadrivetores que facilitam o relacionamento de grandezas medidas por observadores em movimento relativo. São apresentados diversos exemplos de grande interesse em Física, realçando-se a experiência de Fizeau medindo a velocidade da luz em água em movimento, uma estimativa para a massa de neutrinos, o efeito Compton e energias de ligação nucleares discutindo-se a sua relação com a massa do átomo e a sua importância na estabilidade estelar e na núcleo-síntese primordial.

A velocidade da luz no meio interestelar (representada por c) foi estimada pela primeira vez em 1676 por O. Romer através dos atrasos nas ocultações das luas de Júpiter. Em 1848, H. Fizeau determinou aquela velocidade através de uma experiência laboratorial. Quando J. C. Maxwell deduziu (1865) que um campo eletromagnético variável no tempo se propaga no vazio como uma onda com a velocidade da luz, parecia evidente que se poderia medir a velocidade da Terra em relação ao meio interestelar (então designado por éter) através de uma experiência de ótica. Para este efeito, A. Michelson e E. Morley montaram em 1887 um dispositivo de interferometria (FIGURA 1A) esquematicamente representado na FIGURA 1B). Um feixe de luz é enviado da fonte (lâmpada de sódio) até uma lâmina (S) que o divide em dois: um continua o caminho até um espelho (A) que o reflecte de volta para a lâmina e daí para o detetor; o outro reflete na lâmina é enviado para uma direção perpendicular ao primeiro onde é refletido por outro espelho (B) e daí para o detetor. Neste é observada a sobreposição das duas ondas a qual depende dos tempos despendidos pelos raios nos seus percursos e que se resumem, afinal, aos tempos entre a saída da lâmina e o regresso à mesma (os outros percursos são comuns aos dois raios).

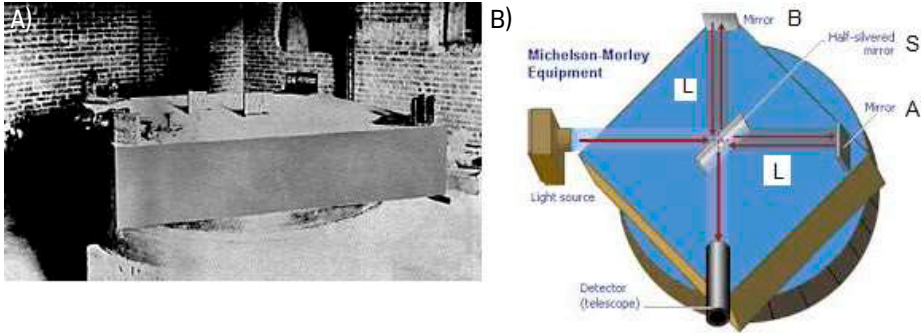


FIGURA 1. A) O dispositivo experimental de Michelson-Morley. B) representação esquemática da experiência.

Aceite-se, para simplificar, que a distância (L) da lâmina aos espelhos é a mesma. Que resultado se deveria esperar? Para um observador em repouso no “éter”, a velocidade da luz é isotrópica; imagine-se que, para tal observador, a Terra se move com velocidade V no sentido SA. Então o raio que percorre este braço demora um tempo $\frac{L}{c+V}$ para ir de S até A (porque o espelho A se afasta) e um tempo $\frac{L}{c-V}$ de A até S (porque a lâmina S se aproxima), daqui resultando o tempo total $t_{SA} = \frac{2L}{c} \frac{1}{1 - (\frac{V}{c})^2}$. Para o outro percurso, o observador vê o raio

seguir os lados de um triângulo isósceles do qual as posições inicial e final da lâmina são os vértices da base (FIGURA 2); um cálculo simples mostra que o tempo total para este percurso

$$é t_{SB} = \frac{2L}{c} \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{V}{c})^2}}.$$

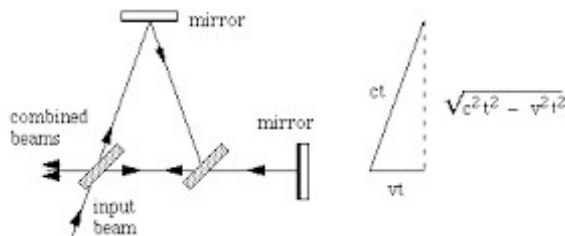


FIGURA 2. Análise da experiência fr Michelson-Morley.

A diferença $t_{SB} - t_{SA}$ deveria traduzir-se numa interferência das duas ondas originando no detetor um registo de intensidade inferior à que seria obtida se os raios chegassem ao mesmo tempo (os braços do interferómetro tinham comprimento $L = 11\text{m}$; para a velocidade $V = 3 \times 10^4 \text{ m/s}$ da Terra em torno do Sol, obtém-se $c(t_{SB} - t_{SA}) = 110\text{nm}$, inferior aos 590nm do comprimento de onda da radiação emitida pelo sódio). Mas a experiência, repetida

e melhorada durante mais de 20 anos, deu resultado nulo: os dois raios chegam ao mesmo tempo! Como é possível a velocidade da luz ser a mesma no “éter” e na Terra quando esta se move naquele meio?

O princípio da relatividade.

Em 1632, Galileu, na sua histórica obra *Dialogo sopra I due sistemi del mondi*, estabeleceu o primeiro princípio da relatividade: não é possível distinguir através de uma experiência mecânica, se se está em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme. Imaginem-se dois observadores: um (R) arbitrariamente considerado em repouso e o outro (M) em movimento uniforme e retilíneo em relação ao primeiro, com a velocidade V . Segundo Galileu, qualquer experiência mecânica realizada por R terá o mesmo resultado que a mesma experiência realizada por M em idênticas condições. Deste modo, dois relógios iguais, um em repouso para R e o outro em repouso para M, batem ao mesmo ritmo para os respetivos observadores. Seja (x, y, z) um sistema de eixos cartesianos com origem em R e o eixo x alinhado na direção do movimento de M; analogamente, seja (x', y', z') um sistema de eixos cartesianos com origem em M e o eixo x' sobreposto ao eixo x . A relação entre as coordenadas e os tempos marcados pelos relógios para qualquer acontecimento é conhecida por transformação de Galileu:

$$t = t' \quad x = x' + Vt' \quad y = y' \quad z = z' \quad (1)$$

onde se aceitou, por convenção, que no instante inicial ($t = t' = 0$) as duas origens coincidem e os dois relógios estão acertados. Mas a primeira equação em (1) tem um significado adicional: quando passar 1s no relógio de M ($\Delta t' = 1$) também passa 1s no relógio de R ($\Delta t = 1$), i.e., os dois relógios permanecem sincronizados. A transformação de Galileu está na base de toda a mecânica newtoniana, mas dela decorre que se R enviar um raio de luz ao longo do eixo x , i.e., $x = ct$, então é $x' = (c - V)t'$ pelo que M mediria a velocidade $c - V$ para esse raio de luz, o que é manifestamente negado pela experiência de Michelson-Morley.

A teoria da relatividade restrita generaliza o princípio de Galileu, assentando em dois postulados de grande simetria:

1.º: Nenhuma experiência, seja qual for a sua natureza, permite distinguir o estado de repouso do estado de movimento uniforme e retilíneo. Os dois observadores R e M são inteiramente equivalentes na descrição de qualquer experiência. Assim, as leis da Física devem ser escritas sob uma forma que estabeleça esta equivalência (princípio da covariância), tal como em Física clássica a escrita das leis sob forma vetorial as torna independentes do referencial que se utilize.

2.º: A velocidade da luz no vazio é a mesma para os observadores R e M, sendo a maior velocidade a que se pode transmitir qualquer informação. Este postulado torna impossíveis ações instantâneas à distância e elege o campo, tal como o eletromagnético, na verdadeira realidade

física onde forças são transmitidas a velocidades finitas. Como consequência, para qualquer acontecimento é necessário especificar não só onde ocorreu (definido pelas três coordenadas cartesianas) como o tempo marcado pelo relógio em repouso no ponto onde o acontecimento ocorreu. Assim, cada observador dispõe de relógios, seja qual for a sua natureza, em cada ponto do espaço que se consideram sincronizados e acertados. É útil considerar relógios óticos, i.e., um raio de luz oscilando entre dois espelhos paralelos e em repouso para o observador, apresentando um período $\frac{2l_0}{c}$ onde l_0 é a distância entre os espelhos, colocando-se, porém, a questão se os relógios de R sincronizam com os relógios de M.

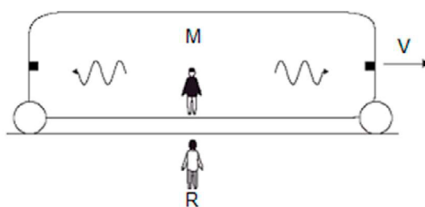


FIGURA 3. Relatividade da simultaneidade.

Uma primeira consequência é a relatividade da simultaneidade como se exhibe na FIGURA 3. Para M, situado a meio da distância entre os dois alvos, os dois raios que emitiu no mesmo instante chegam no mesmo instante aos alvos; mas para R o raio da esquerda chega antes do raio da direita! Imagine-se agora que M orienta o seu relógio ótico de modo que o raio de luz oscila segundo o eixo y' ; o seu período é $\Delta t' = \frac{2l_0}{c}$. Para R a trajetória do raio é a representada na FIGURA 2 e, para este observador, a distância entre os espelhos é também l_0 . De facto, suponha-se que, para R, tal distância é $l = \alpha(V) l_0$. O factor $\alpha(V)$ deve ser par, $\alpha(V) = \alpha(-V)$, porque é irrelevante se o movimento se dá para a direita ou para a esquerda. Então, se M colocar aquele relógio a mover-se com velocidade $-V$, a distância entre os espelhos deveria ser $\alpha(-V) l_0$ para M e, portanto, seria $\alpha(V) [\alpha(-V) l_0]$ para R. Mas, para R, este relógio ótico está parado, pelo que $\alpha(V) \alpha(-V) = 1$ e, portanto, $\alpha(V) = 1$. Distâncias perpendiculares à direcção do movimento são as mesmas para os dois observadores. Ora o período que R atribui a tal relógio já foi calculado na FIGURA 2:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2}} > \Delta t' \quad (2)$$

O relógio (qualquer relógio!) em movimento bate mais lentamente para um observador em repouso – tal é designado por dilatação do tempo. Pela simetria entre os observadores, também o relógio de R bate mais lentamente para M: não há contradição porque a única forma de comparar os relógios seria o observador M ficar em repouso com R, o que manifestamente

significa que o seu movimento deixaria de ser uniforme e retilíneo. É habitual designar-se por factor de Lorentz (γ) a razão daqueles períodos, i.e.:

$$\gamma \equiv \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2}} \quad (3)$$

Exemplo: o muão decai, no laboratório, ao fim de $\tau = 2,2\mu s$. Raios cósmicos produzem muões a cerca de 2Km de altitude, por colisão com moléculas. Os muões viajam à velocidade $\frac{V}{c} = 0,994$, obtendo-se $\gamma \simeq 10$. Não fosse a dilatação do tempo, os muões teriam desaparecido após $V\tau \simeq 600m$, mas por causa da dilatação os muões sobrevivem numa distância $V\gamma\tau \simeq 6Km$, sendo detetados no solo.

O observador M roda o seu relógio óptico ficando os espelhos perpendiculares ao eixo x' . O período não é alterado (se fosse, o observador saberia que estava em movimento). Qual o período para R? Se l designar a distância entre os espelhos para este observador, o período é o intervalo de tempo entre a partida do raio num espelho, sua reflexão no segundo espelho e regresso ao primeiro espelho. Este cálculo também já foi apresentado para o braço "horizontal" do interferómetro de Michelson, tendo-se encontrado $\Delta t = \frac{2l}{c} \frac{1}{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2}$. Mas este período é o mesmo da eq. (2) – a relação entre os relógios de R e M não depende da orientação dos mesmos! Comparando, obtém-se o a distância entre os espelhos atribuída por R:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2} = \frac{l_0}{\gamma} \quad (4)$$

A distância aparece mais curta para o observador que vê os espelhos em movimento, fenómeno conhecido por contracção de Lorentz. Percebe-se agora melhor o resultado nulo da experiência de Michelson-Morley. Para o observador terrestre, onde a experiência foi feita, os tempos nos dois braços são iguais porque têm o mesmo comprimento e a velocidade da luz é c . Para o observador no "éter", os tempos são iguais porque o braço horizontal, paralelo à direção da velocidade da Terra, apresenta a contração de Lorentz.

A transformação de Lorentz.

Pode agora estabelecer-se a relação entre as coordenadas espaciais e temporais que R e M atribuem a um mesmo acontecimento. As distâncias perpendiculares à direção do movimento relativo são iguais, como se mostrou, pelo que $y = y'$ e $z = z'$. Se M atribui a distância x' ao acontecimento, a distância deste a M é $\frac{x'}{\gamma}$ para R (pela contração de Lorentz) e situando-se M à distância Vt de R, então obtém-se:

$$x = Vt + \frac{x'}{\gamma} \quad \rightarrow \quad x' = \gamma(x - Vt) \quad (5)$$

Dada a simetria entre os dois observadores, é imediato obter a relação inversa (R move-se para M com velocidade $-V$), tendo-se:

$$x = \gamma (x' + Vt') \quad (6)$$

Eliminando x entre estas equações, obtém-se:

$$t = \gamma \left(t' + \frac{Vx'}{c^2} \right) \quad (7)$$

Imediatamente se deduz a relação inversa:

$$t' = \gamma \left(t - \frac{Vx}{c^2} \right) \quad (8)$$

Ficam assim estabelecidas as relações entre coordenadas e tempos atribuídas pelos dois observadores ao mesmo acontecimento. São conhecidas por transformações de Lorentz e reduzem-se à transformação de Galileu, eq. (1), para baixas velocidades ($V \ll c$).

$$t = \gamma \left(t' + \frac{Vx'}{c^2} \right) \quad x = \gamma (x' + Vt') \quad y = y' \quad z = z' \quad (9)$$

Considerando estas relações sob forma matricial, é fácil concluir que o determinante da matriz é 1. A matriz que relaciona as coordenadas e tempo de M em termos dos de R, é igual à matriz inversa da anterior e dela se obtém simplesmente trocando V por $-V$:

$$t' = \gamma \left(t - \frac{Vx}{c^2} \right) \quad x' = \gamma (x - Vt) \quad y' = y \quad z' = z \quad (10)$$

Espaço-tempo.

Designa-se por espaço-tempo o lugar geométrico dos acontecimentos etiquetados pelas coordenadas (ct, x, y, z) e que obedecem à transformação de Lorentz sob uma mudança de observador. É comum resumir aquelas coordenadas usando a notação x^μ com $\mu = 0,1,2,3$ e a identificação $x^0 \equiv ct, x^1 \equiv x, x^2 \equiv y, x^3 \equiv z$, ou, de forma condensada, $x^\mu \equiv (ct, \vec{r})$ onde \vec{r} é o habitual vetor de posição na geometria tridimensional. Por analogia com esta geometria, define-se quadrivetor qualquer conjunto ordenado de quatro grandezas que se transformam como x^μ e aquelas quatro grandezas designam-se por componentes contravariantes do respetivo quadrivetor. Adiante serão apresentados alguns exemplos.

Considerem-se dois acontecimentos no espaço-tempo, um que ocorre em (ct_1, x_1, y_1, z_1) e o outro em (ct_2, x_2, y_2, z_2) . Define-se intervalo entre estes acontecimentos a grandeza:

$$s^2 = c^2 (t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (z_2 - z_1)^2 = c^2 (t_2 - t_1)^2 - |\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^2 \quad (11)$$

É fácil mostrar que o intervalo é um invariante, *i.e.*, permanece o mesmo sob uma transformação de Lorentz:

$$s^2 = c^2 (t_2 - t_1)^2 - |\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^2 = c^2 (t'_2 - t'_1)^2 - |\vec{r}'_2 - \vec{r}'_1|^2$$

Para acontecimentos muito próximos no espaço-tempo obtém-se:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - |d\vec{r}|^2 \quad (12)$$

O intervalo desempenha um papel análogo à distância na geometria tridimensional. Mas, ao contrário desta, o intervalo pode ser positivo, nulo ou negativo. É nulo apenas para um raio de luz: a distância entre os dois acontecimentos, $|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|$, é exatamente igual à distância percorrida pelo raio de luz, $c |t_2 - t_1|$ que tenha partido de \vec{r}_1 no instante t_1 e chegado a \vec{r}_2 no instante t_2 . Para os outros valores do intervalo, suponha-se, para simplificar, que, para o observador R, um dos acontecimentos ocorre na origem, $x^\mu = 0$, e que o outro tem nulas as coordenadas y e z , de modo que $s^2 = c^2 t^2 - x^2$. Ora:

i) Se $s^2 > 0$ existe um observador M para o qual os dois acontecimentos ocorreram no mesmo ponto do espaço em tempos diferentes. Com efeito, usando a transformação de Lorentz deduz-se a velocidade de M:

$$0 < s^2 = c^2 t^2 - x^2 = c^2 t'^2 = \gamma^2 c^2 \left(t - \frac{xV}{c^2} \right)^2 \rightarrow V = \frac{x}{t}$$

Os dois acontecimentos dizem-se temporalmente separados, podendo um deles ser a causa do outro. Por exemplo, uma explosão no Sol (tomado como origem) provocou intensa radiação UV, verificando-se que um satélite, a 300 s-luz do Sol ficou danificado 500s após a explosão: $s^2 = 500^2 - 300^2 = 400^2$: os dois acontecimentos são percebidos por um observador M (mesmo ponto!) movendo-se com a velocidade $V = \frac{3c}{5}$ (em relação ao Sol) e separados por 400s (no relógio desse observador).

ii) Se $s^2 < 0$ existe um observador M para o qual os dois acontecimentos ocorreram no mesmo instante em pontos distintos do espaço. Com efeito, usando a transformação de Lorentz deduz-se a velocidade de M:

$$0 > s^2 = c^2 t^2 - x^2 = -x'^2 = -\gamma^2 (x - Vt)^2 \rightarrow V = \frac{c^2 t}{x}$$

Colisões plásticas oblíquas.

Vítor Matos

CM/ FEP | U. Porto

ARTIGO

30

No estudo de colisões, geralmente, aborda-se apenas duas situações em que basta conhecer as velocidades e ângulos iniciais: a colisão elástica e a perfeitamente inelástica. Neste artigo, apresentamos um terceiro caso, caso este que responde a uma eventual pergunta: "Professor, e se, numa colisão oblíqua, os corpos não seguem juntos e a deformação é plástica?".

As colisões que conservam a energia cinética são ditas elásticas e, quando ocorre variação de energia cinética, são ditas inelásticas. Nas colisões perfeitamente inelásticas, os corpos seguem juntos, resultando na maior perda possível de energia cinética do sistema. Se são dadas as massas, as velocidades e ângulos iniciais e as colisões são elásticas ou perfeitamente inelásticas, então existe solução analítica para as velocidades finais dos dois corpos. Nos casos intermédios, é necessária mais informação, como um ângulo de deflexão ou o coeficiente de restituição. Na literatura, geralmente, não é abordado mais nenhum caso para o qual baste conhecer as condições iniciais para conhecer as finais. Aqui, apresentamos outro: a colisão de corpos plásticos, corpos que não restituem a sua forma nem coalescem.

Vamos considerar colisões de anéis, discos ou esferas quando existem apenas forças radiais repulsivas resultantes da deformação dos corpos. Supomos ausência de qualquer outra força na superfície de contacto, nomeadamente, força de atrito ou de algum tipo de ligação. Os resultados são obtidos para o limite em que o tempo de colisão tende a zero ou, de forma similar, para o limite de rigidez infinita dos corpos. Numa colisão oblíqua (desalinhada), forças radiais resultantes da deformação não permitem que os corpos sigam juntos. Para este tipo de interação, mostraremos que a máxima dissipação de energia cinética ocorre para impulsos com metade da intensidade dos impulsos que correspondem a uma colisão elástica. Assim, é possível calcular as velocidades finais dos corpos. Este é um caso que não encontramos em literatura comumente usada neste nível de estudo. Também veremos que a máxima dissipação de energia com impulsos radiais é coerente com uma deformação plástica.

Equações da colisão com forças radiais repulsivas.

Na ausência de forças exteriores (ou quando estas se anulam), o momento linear de um sistema conserva-se e a variação da energia cinética não depende do referencial. Escolhemos o referencial do laboratório, veja a FIGURA 1, como sendo aquele em que um corpo se move para a direita (o corpo 1) e colide com outro que está parado (o corpo 2). Escreveremos as coordenadas de todos os vetores na base (\vec{i}, \vec{j}) . As velocidades iniciais dos corpos 1 e 2 no referencial do laboratório são

$$\vec{v}_1 = (|\vec{v}_1|, 0) \quad \vec{v}_2 = (0, 0) \quad (1)$$

Para as velocidades finais, usamos a mesma notação de Alonso e Finn, o apóstrofo; para os módulos das velocidades, usaremos a notação $|\vec{v}| = v$. Sendo α e β os ângulos de deflexão, as velocidades finais são

$$\vec{v}'_1 = v'_1 (\cos(\alpha), \sin(\alpha)), \quad \vec{v}'_2 = v'_2 (\cos(\beta), -\sin(\beta)) \quad (2)$$

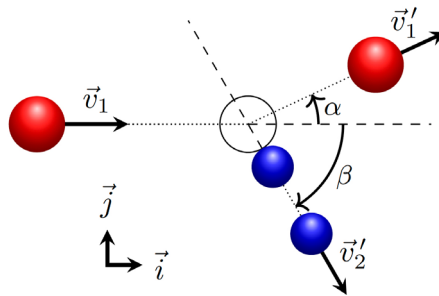


FIGURA 1. Colisão no referencial do laboratório com ângulo β . A vermelho, o corpo 1 e, a azul, o corpo 2. Ângulos de deflexão dos corpos 1 e 2, são α e β , respetivamente.

Supomos que a interação entre os corpos resulta apenas de deformações infinitesimais do material, excluimos forças de atrito ou ligação. No limite de rigidez infinita, a geometria dos corpos permanece inalterada, pelo que os impulsos são radiais, repulsores e não produzem rotação, ver FIGURA 2.

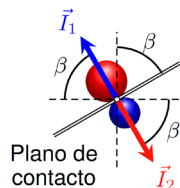


FIGURA 2. Impulsos radiais, perpendiculares ao plano de contacto (linha dupla). A azul, \vec{I}_1 , impulso no corpo 1 e, a vermelho, \vec{I}_2 , impulso no corpo 2. Ver as eq. (3).

O plano tangente ao ponto de contacto entre os corpos será referido como plano de contacto. Assim, os impulsos serão perpendiculares ao plano de contacto, fazendo este plano um ângulo β com a vertical — este β é o mesmo da eq. (2), como veremos. As forças de contacto formam pares ação–reação, resultando na conservação do momento linear do sistema. Sendo \vec{I}_1 o impulso no corpo 1 e \vec{I}_2 o impulso no corpo 2, temos $\vec{I}_1 = -\vec{I}_2$. Sendo I a intensidade destes dois impulsos, podemos escrever

$$\vec{I}_1 = I(-\cos(\beta), \sin(\beta)), \quad \vec{I}_2 = I(\cos(\beta), -\sin(\beta)) \quad (3)$$

onde $\beta \in [0^\circ, 90^\circ]$; excluímos o caso limite do plano de contacto horizontal.

Sendo o impulso igual à variação do momento linear, temos

$$\vec{I}_1 = m_1 \vec{v}'_1 - m_1 \vec{v}_1, \quad \vec{I}_2 = m_2 \vec{v}'_2 - m_2 \vec{v}_2 \quad (4)$$

De (1), (3) e (4), obtemos as velocidades finais

$$\vec{v}'_1 = \left(v_1 - \frac{I}{m_1} \cos(\beta), \frac{I}{m_1} \sin(\beta) \right) \quad \vec{v}'_2 = \left(\frac{I}{m_2} \cos(\beta), -\frac{I}{m_2} \sin(\beta) \right) \quad (5)$$

Como o corpo 2 parte do repouso, a sua velocidade final tem a mesma direção e sentido do impulso que recebe, \vec{I}_2 — por isso, o ângulo de deflexão, β da eq. (2), e ângulo do plano de contacto são iguais.

O dobro da dissipação de energia cinética, K , é dada por

$$\begin{aligned} 2\Delta K &= m_1 |\vec{v}'_1|^2 + m_2 |\vec{v}'_2|^2 - m_1 |\vec{v}_1|^2 - m_2 |\vec{v}_2|^2 \\ &= -m_1 \left(\frac{I}{m_1} \right)^2 + 2m_1 v_1 \frac{I}{m_1} \cos(\beta) - m_2 \left(\frac{I}{m_2} \right)^2 \\ &= 2v_1 I \cos(\beta) - \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2} I^2 \end{aligned} \quad (6)$$

Mantendo fixos v_1 e β , a conservação de energia, $\Delta K = 0$, é obtida com o impulso

$$I_e = 2 \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} v_1 \cos(\beta) \quad (7)$$

Usamos o índice “e” para indicar colisão elástica. Derivando (6) em ordem a I , obtemos

$$\begin{aligned} \frac{d}{dI} (2\Delta K) &= 2v_1 \cos(\beta) - 2 \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2} I \\ \frac{d^2}{dI^2} (2\Delta K) &= -2 \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2} < 0 \end{aligned}$$

logo, a máxima dissipação é obtida para o impulso

$$I_p = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} v_1 \cos(\beta) \quad (8)$$

As colisões de impulso radial máximo-dissipativas são compatíveis com um material que não restitui a sua forma, um material plástico. Assim, estas colisões serão referidas como “plásticas” e usaremos o índice “ p ”.

A característica do material, elástico ou plástico, determina o tipo de colisão. Fixo o tipo de colisão, são o desalinhamento geométrico da colisão – aqui medido pelo ângulo β –, a velocidade e as massas que determinam o impulso. De (7) e (8), sabemos que ambos os impulsos diminuem com o ângulo β , o que está de acordo com a intuição “quanto mais de raspão, menor o impacto”.

Da comparação entre (7) e (8), concluímos que

A intensidade do impulso numa colisão plástica é metade da intensidade do impulso numa colisão elástica.

Fizeram-se experiências para colisões frontais ($\beta = 0$) congruentes com esta afirmação. Não foram feitas experiências para colisões oblíquas ($\beta \neq 0$) que permitam avaliar a afirmação nos casos de maior interesse.

Cinco factos para refletir sobre a unidade mole.

Sebastião Junior Teixeira Vasconcelos*, João Paulo Costa do Nascimento‡,

Ronaldo Glauber Maia do Nascimento †

*IFCE | †LOCEM-UFC | ‡SEDUC-CE

A mole é uma das unidades de medição mais importantes em Química. Por estar intimamente ligado a constante de Avogadro e ser usado para quantificar entidades atômicas e moleculares, a mole não parece aplicar-se ao mundo macroscópico. No entanto, veremos que esta unidade pode ser usada para outros fins no nosso dia a dia, mas devido às suas particularidades os resultados estão, geralmente, fora da nossa escala habitual de entendimento. O texto que se segue é um exercício mental para perceber o quão pequenas são as entidades elementares e quão grande é o número destas presente numa única mole.

A mole contém uma quantidade fixa de entidades da mesma forma que uma dúzia contém sempre doze unidades de qualquer coisa. Esta analogia é amplamente utilizada na sala de aula para familiarizar os alunos com a grandeza quantidade de matéria nos primeiros contactos com este assunto. No entanto, compreender o número de entidades contidas num mole não é tão trivial como contar quantidades numa dúzia. Esta dificuldade está relacionada, entre outros, com o facto de a mole não ser comumente aplicado a objetos ou entidades do nosso dia a dia.

A mole é uma unidade específica para partículas de escala atômica e molecular, genericamente chamadas entidades elementares. Presente no Sistema Internacional de Unidades (SI) desde 1971, o conceito de mole mudou recentemente e desde 2019 tem uma nova definição. Atualmente, a mole corresponde exatamente a $6,02214076 \times 10^{23}$ entidades elementares. Este número imenso é o valor numérico da constante de Avogadro (N_A), em unidade de mol^{-1} . Note como mole tanto é o nome da unidade como seu símbolo. Pelas suas características é sempre necessário especificar quais as entidades elementares quantificadas, como átomos, iões, moléculas ou mesmo eletrões.

Do ponto de vista químico, a mole é muito útil porque mantém uma relação direta com a massa e a quantidade de entidades elementares de uma substância. Para as conversões adequadas é necessário conhecer a massa molar (M) da substância e o valor de N_A , como se pode ver no diagrama seguinte.

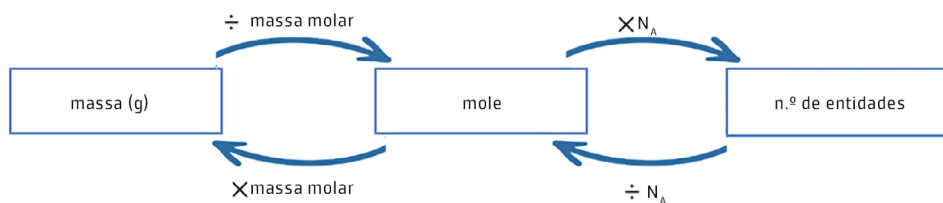


FIGURA 1. Diagrama esquemático para conversão de massa, mole e número de entidades de uma substância.

Os químicos tendem a tratar a mole como uma “forma de acesso ao mundo microscópico” que lhes permite quantificar entidades em substâncias e reações. Trata-se de uma importante ferramenta para estes profissionais.

Matematicamente, a quantidade de substância expressa em moles (n) contidos numa massa m (em gramas) é expresso como:

$$n = \frac{m}{M} \quad (1)$$

Quando M é a massa molar em g mole^{-1} (isto é, a massa em gramas que é equivalente a uma mole da substância). Na prática, M tem o mesmo valor numérico da massa atómica ou molecular para átomos e moléculas, respectivamente.

O número de partículas elementares (N) é expresso como:

$$N = n \times N_A \quad (2)$$

A combinação direta dos (1) e (2) resulta em:

$$N = \frac{m \times N_A}{M} \quad (3)$$

Uma equação que permite calcular diretamente o número de entidades elementares a partir da massa da substância em gramas.

Embora a definição torne claro que as aplicações da mole são para partículas elementares, não existem impedimentos para usar esta unidade para o mundo macroscópico. No entanto, os resultados obtidos fogem da nossa escala habitual e, por vezes, parecem absurdos. Tudo por causa do imenso valor de N_A . Neste artigo será demonstrado isso através de cinco factos.

Facto 1.

Há mais moléculas de água em uma colher de sopa do que colheres de água nos oceanos.

Para o cálculo do número de moléculas, adotaremos que o volume (V_a) de uma colher de sopa seja de 15 mL e a densidade (d_a) da água a temperatura ambiente seja de $1,0 \text{ g mL}^{-1}$. Portanto, a massa (m_a) equivalente ao volume mencionado é:

$$\begin{aligned}
 m_a &= d_a \times V_a \\
 m_a &= 1,0 \text{g mL}^{-1} \times 15 \text{mL} = 15 \text{g}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Para a água (H_2O), a massa molar é $M = 18 \text{g mole}^{-1}$, aproximadamente. Assim, substituindo diretamente em (3):

$$N = \frac{15 \text{g} \times 6,02214076 \times 10^{23} \text{mole}^{-1}}{18 \text{g mole}^{-1}} = 5,0 \times 10^{23}$$

Moléculas de H_2O . Note que é desnecessário utilizar todas as casas decimais de N_A . De agora em diante, serão utilizadas apenas três delas.

O volume de água nos oceanos pode ser calculado a partir do seu volume total estimados de $1,34 \times 10^9 \text{ km}^3$, algo em torno de $1,34 \times 10^{24} \text{ mL}$. Portanto, o número de colheres de sopa de água é:

$$\frac{1,34 \times 10^{24} \text{ mL}}{15 \text{ mL}} = 8,9 \times 10^{22}$$

O resultado mostra como moléculas de água são pequenas e leves, ao ponto de uma única colher de sopa conter um número tão imenso destas.

É importante salientar que, neste caso, ignoramos a presença de sais na água do mar. No entanto, mesmo que incluíssemos os sais presentes na água, o resultado não seria diferente, uma vez que a redução seria proporcional em ambos os cálculos.

Facto 2.

Há menos de uma mole de grãos de areia nas praias da Terra.

Esta demonstração é mais simples, se soubermos quantos grãos de areia há nas praias, logicamente. Felizmente para nós, este valor já foi estimado como $7,5 \times 10^{18}$, ou seja, bem inferior ao valor numérico da constante de Avogadro. Na verdade, precisaríamos de mais de 80 mil planetas terrestres para ter uma mole de grãos de areia nas praias. Este facto evidencia a imensidão do valor de N_A que se revela inadequado para uso em partículas aparentemente pequenas (como grãos de areia), mas ainda grandes para a escala atômica e molecular.

Facto 3.

Uma mole de metros é mais do que suficiente para atravessar a Via Láctea.

Outra demonstração simples, desde que saibamos as dimensões de nossa galáxia. Com um diâmetro estimado em 100.000 anos-luz, o que equivale a cerca $9,46 \times 10^{20}$ metros, a Via Láctea tem um diâmetro em metros inferior ao valor de uma mole (isto é, $6,022 \times 10^{23}$ metros). Só se medíssemos em milímetros o valor numérico do diâmetro seria maior do que uma mole.

Facto 4.

Uma mole de segundos é mais que todo tempo de existência do Universo.

Dados para esta demonstração: a idade do Universo é estimada em 13,8 milhares de milhões de anos, o que equivale a cerca de $4,35 \times 10^{17}$ segundos. Novamente, um número muito inferior ao de uma mole de segundos. Olhando para facto 1, poderíamos até enunciar um novo agora: há mais moléculas em 18g de água pura do que segundos na existência do Universo.

Facto 5.

Um adulto saudável demora mais de 30 minutos para inspirar uma mole de gás oxigénio.

Esta demonstração é um pouco mais complicada. Para isso precisamos de dados sobre a respiração humana e sobre o próprio ar. Da respiração, sabemos: volume de ar inspirado por um adulto saudável em cada ciclo: 250 mL; número de ciclos respiratórios por minuto (sem esforço) de um adulto saudável: 14. Com isto, determinamos que o volume total de ar inspirado por minuto é:

$$250mL \times 14 = 3500mL$$

Sobre as propriedades do ar atmosférico seco em condições ambientais normais, sabemos: densidade do ar = $1,20 \times 10^{-3} gmL^{-1}$; fração de O_2 no ar (em massa) = 0,231; massa molar do $O_2 = 32g \text{ mole}^{-1}$. Vamos aos cálculos.

Massa de ar inspirada por minuto, calculada a partir de (4):

$$m = d \times V = 1,2 \times 10^{-3} gmL^{-1} \times 3500mL = 4,2g$$

O que equivale a

$$4,2g \times 0,231 = 0,97g$$

De gás O_2 .

Assim, a quantidade de moles de O_2 inspirados por minuto, calculado a partir de (1), é:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,970g}{32g \text{ mole}^{-1}} = 0,030mole$$

Portanto, para se inspirar uma mole de O_2 são necessários cerca de 33 minutos de respiração, com a taxa de inspirações mencionada anteriormente.

Após os factos e demonstrações apresentados, deve ser evidente que a mole é uma unidade adequada apenas para entidades elementares devido ao valor numérico da constante de Avogadro ser extremamente grande. Ainda assim, as demonstrações feitas são muito úteis para a percepção do imenso número de entidades presentes em uma mole.

A absorção ótica observada em casa.

Milton Baptista Filho

IFECTF

A transmissão, a reflexão e a absorção ótica constituem-se nas relações básicas da conservação da energia luminosa. Tipicamente, a abordagem curricular nas escolas brasileiras tanto da transmissão quanto da absorção tem menos espaço em função da priorização de outros conteúdos como a própria reflexão. Embora a Lei de Lambert-Beer-Bouguer seja um tema da física clássica, o tema ganha muito espaço em função dos desenvolvimentos da física moderna, o que faz deste tema contemporâneo e aplicado a distintas áreas das ciências naturais, em especial, nas diversas técnicas espectroscópicas. Uma abordagem experimental simples e prática pode contribuir muito para relacionar este tema diretamente ao cotidiano e será tratado ao final deste artigo.

A Lei de Lambert-Beer-Bouguer, também chamada Lei de Lambert-Beer ou mesmo Lei de Beer, trata-se de um modelo empírico que considera a incidência normal de radiação de um determinado comprimento de onda (muitas das vezes luz visível) sobre uma amostra no estado sólido, líquido ou gasoso e a percepção da quantidade de radiação que atravessa a amostra. No balanço de energia estabelecido entre reflexão, transmissão e absorção, a absorção é a parte da transmissão que fica retida em distintos processos no balanço de energia dos átomos, moléculas e iões da substância.

A absorção ótica se estabelece conforme os distintos níveis discretos de energia destas espécies de acordo com suas formas de estabelecer transições eletrônicas (no limite de radiações tão energéticas quanto a radiação ultravioleta), o movimento seja ele translacional, rotacional e vibracional (no limite desde micro-ondas, passando pela radiação infravermelha até luz visível). A absorção ótica é a característica da matéria que viabiliza a realização de várias técnicas espectroscópicas nas regiões de radiação desde microondas até ultravioleta.

Estas técnicas permitem a determinação da quantidade de substâncias presentes em amostras e assim como investigar a presença de uma determinada substância. Conforme estabelecido pela Lei da absorção, a absorção de determinado comprimento de onda a partir da intensidade inicial (I_o), diminui de acordo três parâmetros: coeficiente molar de absorção (α) típico para este comprimento de ondas, o caminho ótico (L) – comprimento seguido pela ra-

dição e a concentração da amostra (c). O coeficiente molar de absorção é característico para cada comprimento de onda para cada substância considerada:

$$I = I_0 e^{-\alpha c L} \quad (1)$$

O coeficiente molar de absorção é um parâmetro característico que permite que consideremos um termo próprio: a impressão digital (*finger print*) de determinada espécie química em função de seu coeficiente molar de absorção para determinado conjunto de comprimentos de onda. Um exemplo desta característica é apresentado na FIGURA 1. Por meio desta característica, fundamenta-se a seletividade plausível em relação a outras espécies que não tem necessariamente os mesmos valores de coeficiente molar de absorção da substância inicialmente considerada.

Aplicando sobre a equação (1) o logaritmo neperiano (\ln), teremos a expressão:

$$-\ln \frac{I}{I_0} = (\alpha \cdot L) \cdot c \quad (2)$$

De forma que podemos definir a absorbância (A) em função da concentração como:

$$A(c) = k \cdot c \quad (3)$$

A absorção ótica é a base de muitas técnicas espectroscópicas, que se utilizam desta característica na identificação de substâncias e determinação de concentração. Estas técnicas se valem de fontes de luz e radiação infravermelha a partir de lâmpadas associadas a filtros, colimadores e dispersores de luz.

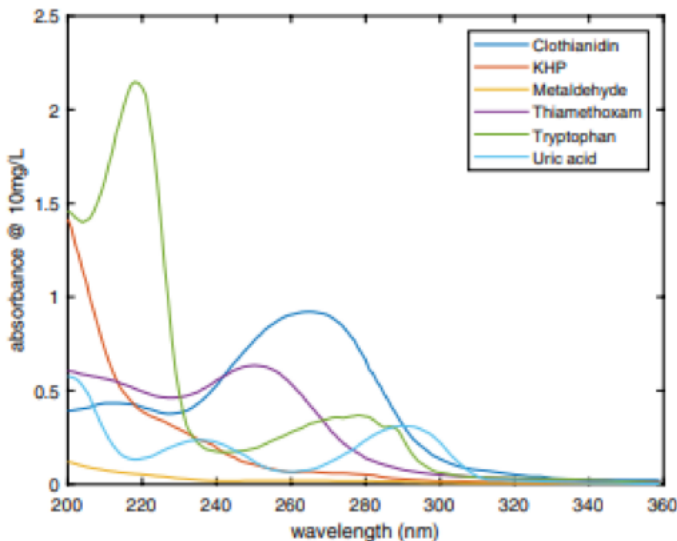


FIGURA 1. Espectro de absorção na região do Ultra-violeta extraído da publicação Spangenberg, 2021.

Podemos observar no espectro acima, a absorção típica nesta região do espectro para seis substâncias que no trabalho citado foram observadas.

Nas últimas cinco décadas, a evolução dos mais diversos tipos de LASERs permitiu uma revolução nestas técnicas e na sua capacidade de excitar distintos coeficientes molares de absorção, o que significou ampliar enormemente a quantidade de espécies estudadas.

Uma atividade simples, utilizando materiais domésticos, que pode ser adotada como atividade escolar é explorar uma das características da Lei da Absorção (ou Transmissão). A proposta da atividade é verificar o aumento da absorção à medida que a parte da substância com maior absorção seja apresentada em menor diluição. Uma amostra líquida de café coado foi considerada como amostra com absorção variada tanto pela água, quanto pela composição de moléculas do café. Inicialmente foi medida a luz absorvida pelo suporte vazio, um copo plástico pequeno. A amostra líquida de café coado foi diluída em água nas diluições desde 0% (água pura), 20%, 40%, 60% e 80% de café coado. Uma seringa plástica de capacidade máxima de 2,5 mL foi utilizada para realizar as diluições e as amostras medidas foram padronizadas em volumes de 2,5 mL. Por fim, a luminosidade de uma lâmpada LED (9 W, 810 Lm, 4000 K) foi utilizada como fonte e o sensor de luminosidade utilizado de um Smartphone (modelo do sensor TMD3725; resolução 1,0 Lux), conforme apresentado na FIGURA 2.



FIGURA 2. Representação simbólica do arranjo experimental.

A partir das diferentes concentrações do café coado diluídos em água, considerando que a absorção típica da água pura relacionado a banda de emissão da lâmpada e que a responsividade do sensor atende melhor alguns comprimentos de onda em detrimento de outros, a seletividade ficaria estabelecida uma vez que a única variável de nosso arranjo foi a maior ou menor presença do café coado, o que fatalmente aumentou a absorção de radiação conforme podemos observar na FIGURA 3.

O aplicativo *Phyphox* foi utilizado para a aquisição dos dados da Iluminância. Os dados foram exportados em formato CSV (*Comma Separated Values*) para análise melhor detalhada dos dados obtidos. A barra de erro (visualmente muito pequena no gráfico) de cada ponto obtido ficou em geral menor que 1% do valor médio apurado.

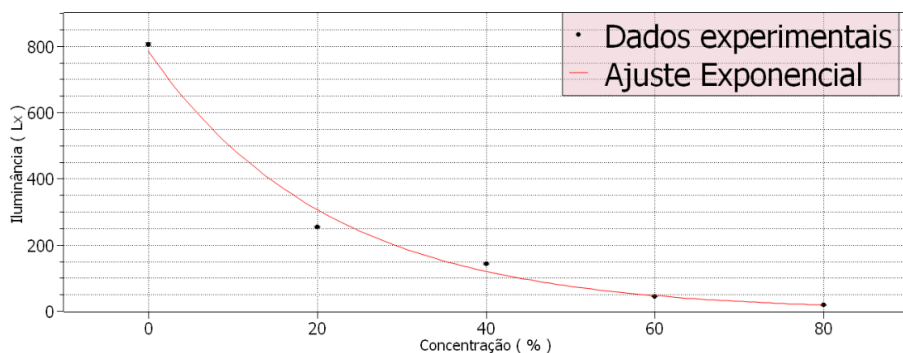


FIGURA 3. Medidas de Iluminância realizadas através do sensor do Smartphone (pontos pretos) e o ajuste exponencial (linha na cor vermelha).

Os valores médios e suas respectivas barras de erro são apresentadas no gráfico acima. O valor do Tau (τ) característico de decaimento foi obtido no valor de 0,21 unidades arbitrárias. Indiretamente este valor estaria relacionado ao coeficiente de absorção óptica e ao comprimento do caminho óptico. Porém, à medida que a fonte utilizada apresenta espectro de emissão largo, consideramos apenas que houve uma absorção abrangente da radiação.

Na FIGURA 4, a Absorbância normalizada versus Fração percentual de Solute de café coado. Na figura são apresentados os coeficientes de reta ajustada para a tendência. Levando em consideração a maior margem de erros das médias apuradas e o mínimo valor de absorção estimou-se um limite de determinação de diluição para 1,3% de soluto de café coado em água.

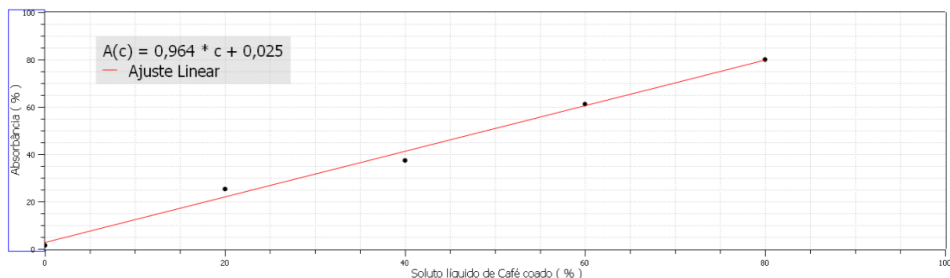


FIGURA 4. Gráfico da Absorbância normalizada versus Fração percentual de Solute de café coado.

Por fim, os resultados obtidos se mostraram coerentes com a tendência esperada da lei da absorção (equações (1) e (3)). Embora o foco do experimento não tenha sido utilizar uma fonte de luz com possibilidade de controle fino de comprimentos de onda, que poderia viabilizar melhor seletividade no experimento ou mesmo a adoção de filtro óptico. A atividade proposta buscou ser viabilizada no ambiente doméstico, portanto, as opções metodológicas feitas na condução do experimento permitiram a obtenção de dados experimentais claros e condizentes com o modelo da Lei de absorção (equações (1) e (3)).

Avaliação do serviço prestado por macrófitas na depuração de águas: estudo de caso.

Pedro Martins*, **Manuela Lopes***, **Jessica Costa‡**, **Ângela Moreira‡**

* ES Aurélia de Sousa | ‡ LA/135

Para avaliar o serviço das macrófitas na depuração de água doce superficial, montaram-se dois aquários, A e B, com cinquenta litros de água e quatro peixes vermelhos idênticos, sendo que apenas no aquário A foram colocadas macrófitas emergentes. Os peixes foram alimentados de igual forma, com alimento para peixes de água fria, e não foi colocado filtro artificial em nenhum dos aquários. Feitas observações e realizadas análises físico-químicas e microbiológicas, concluiu-se que a presença de macrófitas contribuiu para melhorar a qualidade da água.

A água constitui um recurso essencial para a manutenção dos ecossistemas, para a vida humana e para o desenvolvimento socioeconómico. Por ser um recurso indispensável, a qualidade e disponibilidade da água são condições inerentes à sustentabilidade ambiental, sendo urgente monitorizar e arranjar soluções que visem a proteção da qualidade ecológica das massas hídricas superficiais e dos organismos aquáticos que as integram.

Atividades no âmbito industrial, agrícola e urbano, associados ao contexto das alterações climáticas, têm vindo a criar uma crescente pressão sobre os ecossistemas, ameaçando o equilíbrio ecológico. Através das ETAR, Estações de Tratamento de Águas Residuais, tratam-se águas residuais de origem doméstica e industrial, de forma a reduzir a carga de contaminantes antes de chegarem aos rios e ao mar. De referir, no entanto, a existência de contaminantes emergentes, como fármacos e compostos químicos de pesticidas, que ultrapassam a barreira das ETAR e começam a revelar um impacto ambiental relevante e preocupante em contexto de desenvolvimento sustentável.

As macrófitas são plantas macroscópicas aquáticas, emergentes, submersas ou flutuantes, que podem ser usadas no tratamento de águas residuais domésticas ou como biofiltros para a remoção de microrganismos patogénicos da água. As macrófitas aquáticas submersas possuem um papel fundamental na reciclagem de todos os nutrientes do ecossistema aquático,

alterando os valores paramétricos inerentes. De acordo com Almeida & Almeida, em 2006, o emprego das macrófitas aquáticas em tanques artificiais representa um sistema bastante estudado para aquicultura, ocorrendo eficiência na redução das concentrações de poluentes inorgânicos, metais pesados, substâncias tóxicas e de microrganismos patogênicos de que constitui exemplo a bactéria *Escherichia coli*.

As diatomáceas são microalgas abundantes em ambientes sobretudo aquáticos, de água doce e marinhos, com cerca de duzentos gêneros e 105 espécies, podendo constituir bons bioindicadores da qualidade da água e revelando preferência por ambientes aquáticos com elevada carga orgânica. Na FIGURA 1 (A2 a A6) pode estabelecer-se uma relação entre alguns gêneros de diatomáceas e a respetiva qualidade da água onde se observa a sua presença.

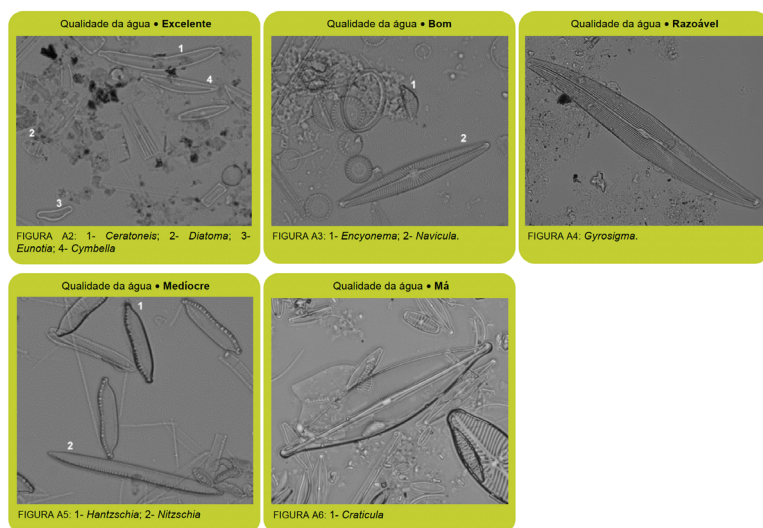


FIGURA 1. A2 a A6) Relação entre a presença de alguns gêneros de diatomáceas e o respetivo valor como bioindicadores da qualidade da água.

Constitui objetivo deste trabalho investigar de que forma a presença de macrófitas permite salvaguardar a qualidade da água, acarretando a melhoria de parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Metodologia

A montagem experimental consistiu em dois aquários iguais, cada um com cinquenta litros de água e quatro peixes vermelhos semelhantes. No aquário-piloto foram colocadas diversas macrófitas emergentes, recolhidas em março e numa ribeira próxima da escola, enquanto no aquário controlo não foi introduzida essa variável.

Os peixes foram alimentados com a mesma frequência e quantidade de comida, nos dois aquários.

Foram realizadas duas colheitas de água, respectivamente em 9 de março (aquando da montagem experimental) e em 20 de abril, tendo as mesmas sido sujeitas a análises físico-químicas e microbiológicas, de acordo com a TABELA 1.

TABELA 1. Métodos de análise laboratorial dos diferentes parâmetros analisados:

Parâmetro	Método de análise	Parâmetro	Método de análise
Alumínio	PIQ30Ed2Rev1(2019-02-11)	Ferro	PIQ41Ed1Rev0(2022-10-11)
Bactérias coliformes	PIB9Ed1rev3(2022-09-07)	Fosfatos	PIQ37Ed1Rev2(2022-11-02)
Cloretos	PIQ37Ed1Rev2(2022-09-07)	Manganês	PIQ41Ed1Rev0(2022-10-11)
<i>Clostridium perfringens</i>	ISO14189:2013	Manganês Microteste	PIQ5Ed1Rev2(2019-01-11)
<i>E. coli</i>	PIB9Ed2Rev3(2022-09-07)	Nitratos	PIQ37Ed1Rev2(2022-11-02)
<i>Enterococcus</i>	PIB12Ed1Rev3(2022-09-07)	Nitritos	PIQ37Ed1Rev2(2022-11-02)
Dureza total	PIQ7Ed2Rev1(2018-02-27)	pH (22°C)	PIQ21EdRev2(2022-11-02)
Turvação	Eq. ISO7027-1:2016	Condutividade	PIQ4Ed2Rev1(2022-11-02)

Resultados.

Na FIGURA 2 pode observar-se a montagem experimental com o aspeto inicial, em 9 de março.



FIGURA 2. Montagem experimental, com o aquário-piloto à esquerda e o aquário-controlo à direita.

Nas FIGURAS 3 e 4 estão evidenciados, respectivamente, o aspeto final do aquário-piloto e o aspeto final do aquário-controlo, em 20 de abril. É notório o aspeto límpido da água e do vidro frontal do aquário-piloto (FIGURA 3), o aspeto mais túrbido da água e a presença de microalgas no vidro frontal, no caso do aquário-controlo (FIGURA 4).



FIGURA 3. Aspeto do aquário-piloto, no final.



FIGURA 4. Aspeto do aquário-controlo, no final.

Na TABELA 2 estão registados os resultados das análises laboratoriais realizadas à água recolhida nas duas amostragens (9 de março e 20 de abril de 2023). De referir que a data de 9 de março coincidiu com a fase inicial da montagem experimental, sendo as condições de partida iguais nos dois aquários.

No dia 2 de maio, foram observadas ao microscópio as manchas castanhas presentes nos dois aquários mas muito mais abundantes no aquário-controlo (aquário sem a presença de macrófitas). Constatou tratar-se de diferentes espécies de diatomáceas, conforme ilustrado na FIGURA 5.

TABELA 2. Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas às amostras de água dos aquários A e B (Lab. Águas e Energia do Porto).

Parâmetro	Amostragem em 9 março	Amostragem em 20 abril	
		Aq. com macrofitas	Aq. sem macrofitas
Bactérias coliformes (NMP/100mL)	23	72	411
<i>Clostridium pefringens</i> (UFC/100mL)	0	0	4
<i>Enterococcus</i> (NMP/100mL)	<15(LIM)	0	0
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	<1(LIM)	5	13
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	8,9E+1	1,10E+02	1,00E+02
Fosfatos(mg/L PO ₄)	0,050	0,044	0,348
Manganês microteste (µg/L Mn)	<5,0(LD)	<15,0(LQ)	<15,0(LQ)
Manganês(µg/L Mn)	<5,0(LQ)	<1,7(LD)	<5,0(LQ)
Nitratos(mg/L NO ₃)	7,1	15,5	15,9
Nitritos(mg/L NO ₂)	0,036	0,158	0,079
Cloretos(mg/L Cl ⁻)	13,2	17,4	16,7
Alumínio(µg/L Al)	<50(LQ)	<50(LQ)	<50(LQ)
Ferro(µg/L Fe)	<25,0(LQ)	<8,3(LD)	32,4
pH (22 °C)	7,7	7,4	7,4
Condutividade (µS/cm a 20 °C)	2,1E+02	2,4E+02	2,3E+02
Turbidez (NTU)	0,88	< 0,500(LQ)	0,78

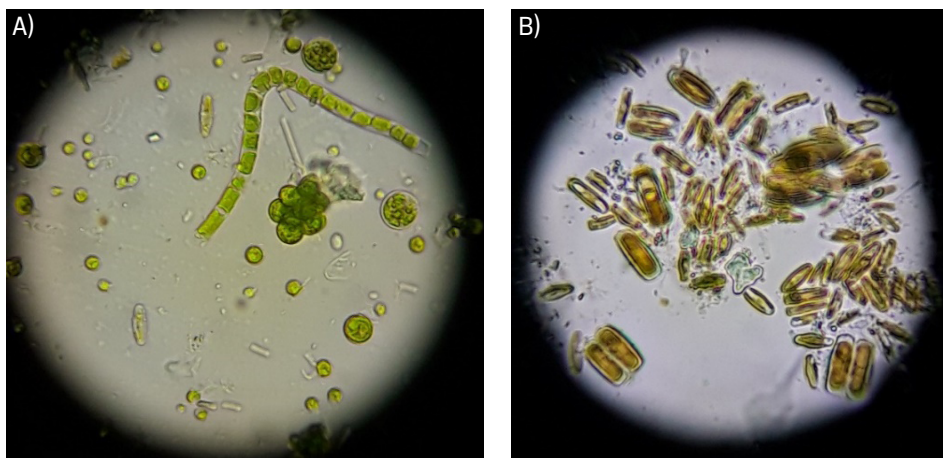


FIGURA 5. Microalgas observadas nos dois aquários. A) As diatomáceas muito menos abundantes no aquário-piloto (com macrofitas), B) Aquário-controlo (sem macrofitas).

De referir ter-se observado que as manchas castanhas de diatomáceas, visíveis no aquário com macrofitas, se localizaram preferencialmente em locais afastados destas últimas.

Discussão e Conclusões:

Na presença de macrófitas, observou-se a diminuição do número de bactérias patogênicas de origem fecal, provavelmente e tal como refere Van Kaick, devido ao efeito antibiótico de secreções radiculares e do biofilme que envolve as raízes das plantas aquáticas. No que respeita a redução da concentração de Azoto e de Fósforo, as macrófitas fazem a respetiva assimilação para constituição de material celular. Da mesma forma, o Manganês e o Ferro parecem ser absorvidos pelas macrófitas no seu processo de nutrição, tendo ocorrido a redução da respetiva concentração na água do aquário-piloto.

No respeitante à dureza da água e concentração de alguns elementos minerais cujo valor aumentou nos dois aquários, em relação ao valor inicial, essas alterações poderão dever-se a componentes da comida para peixes deitada na água, por vezes em excesso, não sendo totalmente consumida.

De acordo com os resultados da atividade experimental, as macrófitas contribuíram para a melhor da qualidade da água do aquário-piloto (aquário com macrófitas), relativamente à do aquário-controlo (aquário sem macrófitas). Esta situação sugere a importância da presença de macrófitas como forma de depuração natural inerente ao desenvolvimento sustentável.

A presença de diatomáceas, dominante em locais sem macrófitas e quase inexistente em locais onde se observam estas últimas, sugere alguma interação antagónica entre ambas que poderá constituir um interessante aspeto a investigar posteriormente.

O estudo comparativo das diatomáceas presentes, respetivamente, no aquário-piloto e no aquário-controlo, revelou a existência de algumas diferenças nas espécies presentes, embora a sua identificação requeira um conhecimento mais aprofundado na área. No entanto, seria interessante verificar se a presença de espécies de diatomáceas bioindicadoras coincide com a previsão inerente aos parâmetros físico-químicos determinados laboratorialmente.

De acordo com as características ecológicas de diatomáceas, a sua presença poderá acarretar alterações notórias na evolução da qualidade da água dos dois aquários, invalidando o prolongamento do atual estudo pela introdução de novas variáveis, não controladas pelos investigadores.

O estudo realizado abre novas perspetivas de investigação em meio escolar, nomeadamente a de comparar o potencial depurador de dois géneros de macrófitas emergentes e concluir qual deles melhor contribui para a alteração de cada um dos parâmetros analisados.

Tutor artificial.

in casadasciencias.org/banco-imagens

A imagem mostra uma realidade assustadora que, infelizmente, poderá vir a concretizar-se mais cedo do que se imagina. A chamada “inteligência” artificial (IA) poderá vir a substituir o professor na sala de aula. Mesmo que possa apenas servir de ajudante, a ideia é já ameaçadora quer da profissão, quer do papel essencial que o ensino presencial tem no desenvolvimento cognitivo dos jovens. O relacionamento e a interação social estão ameaçados a partir do momento em que o humano é conduzido a dialogar com uma máquina. A inteligência humana definhará, a criatividade reduzir-se-á a uma “inteligência” generativa, a uma simulação aleatorizada do real. A pressão do enorme e descontrolado poder das grandes companhias (*Google, Meta, NVIDIA, Alibaba* e outras) que produzem instrumentos com uso de IA, far-se-á sentir junto dos decisores políticos que o repercutirão sobre as direções escolares. A escola está sob ameaça por um instrumento perigoso que irá destruir a civilização tal como a conhecemos. As desigualdades socioeconómicas e culturais acentuar-se-ão, o desemprego aumentará criando populações desinteressadas e apáticas, dependentes da torrente informativa que os inundará de pseudoconhecimento, e os tornará vulneráveis aos poderes sem escrúpulo, uma massa disforme de descartáveis que ilusoriamente terão voz, mas que não será mais do que um eco regressivo do superpoder da dita “inteligência”.

Estamos a tempo de travar esta ameaça! Os professores poderão ser os principais atores nesta luta que se avizinha.

João Nuno Tavares

Universidade do Porto



