

Concurso “Mais Energia” textos premiados

**Livros do ano:
as escolhas
dos divulgadores**

**Progressos recentes
em energia
solar fotovoltaica**

Índice

artigo geral

Concurso Mais Energia – Prémio “Mais Energia nas Aulas”

- 2 **Fatura de electricidade:**
o lado bom do documento
malvado!

Jorge Andrade Silva

Concurso Mais Energia – Prémio “Conversão e Gestão de Energia”

- 7 **Conversão e gestão de energia**
em ferros de engomar

Marlene Batista Gonçalves

inovação

- 13 **Progressos recentes em**
energia solar fotovoltaica

Miguel Centeno Brito e Killian Lobato

física e sociedade

- 19 **Poluição luminosa:** o desperdício
inútil de recursos energéticos

Guilherme de Almeida

notícias

- 23 **Notícias**

António Luís Ferreira, Ana Maria Eiró, Gonçalo Figueira, Rita Figueira

sala de professores

- 27 **Determinação do valor**
da aceleração da gravidade

Albino Pinto e Carlos Saraiva

entrevista

- 28 **Entrevista** João Carlos Ferreira de
Lima - Galp Energia

gazeta ao laboratório

- 33 **Heliografia** extrema

Horácio Fernandes

vamos experimentar

- 35 **Como funciona** um moinho?

Constança Providência

livros e multimédia

- 38 **Livros de divulgação científica**
- selecção de 2012

Jorge Buescu, Carlos Fiolhais, David Marçal e António Piedade

Novos ciclos de Energia

Nunca, e muito menos certamente hoje, a ciência fica ao lado das grandes opções sociais e económicas. Pois não faz parte do *ethos* da ciência ensaiar e seleccionar constantemente boas (às vezes exagerada e simultaneamente boas e más) soluções? E não cresce a ciência a treinar permanentemente actores de mudança e decisão?

Neste contexto, surgiu a ideia da *Gazeta de Física* criar iniciativas, como o Concurso *Mais Energia*, anunciado oportunamente nas nossas páginas, e patrocinado pela Fundação GALP Energia, a quem *Gazeta de Física* agradece vivamente. O objectivo era motivar os jovens para a problemática da Energia, a sua utilização socialmente responsável, por um lado, e por outro lado, a investigação e desenvolvimento na área da tecnologia da produção, distribuição e utilização da Energia. Este número da *Gazeta de Física* é assim também dedicado ao tema Energia.

O concurso apelou a duas tipologias de artigos, que foram analisados por um painel de jurados nomeado pela Fundação GALP Energia e pela SPF: artigos escritos por professores do Ensino Secundário, sobre a metodologia de abordagem do tema “Mais Energia” nas aulas, potenciando atitudes de gestão ambiental correctas, e artigos escritos por estudantes universitários ou jovens investigadores, sobre inovação em “Conversão e Gestão de Energia”. São os dois artigos premiados em cada uma das categorias que abrem este número, evidenciando-nos ainda a entrevista a João Carlos Ferreira de Lima, director de Comunicação e Assuntos Institucionais da Fundação GALP Energia, como é central na estratégia de I&D dessa instituição a ligação a instituições de educação e científicas.

A Energia move tudo, da mais pequena célula viva ao homem, às suas extensões civilizacionais, as ca-

sas que habitamos, os computadores que usamos, as múltiplas indústrias de que dependemos. Sendo o Sol a nossa fonte primeira de energia, quase inesgotável, chega-nos à Terra anualmente $1,5 \times 10^{18}$ kWh/ano (só 25 mil vezes mais do que consumimos já, na presente era dos terawatt). Mas apenas as células fotossintéticas das plantas transformam directamente a energia solar em nutrientes complexos que sustentam o metabolismo e crescimento de todas as outras células, das plantas e não só. Podemos quase dizer que somos todos parasitas das plantas –na nossa vida biológica, pelos alimentos que consumimos, e também no nosso estilo de vida, pelos combustíveis fósseis que gastamos. E um dos grandes desafios do futuro é aproveitar directamente a energia do Sol, diminuindo o recurso a combustíveis fósseis. O que tem de conseguir-se, por exemplo, aumentando a eficiência de células fotovoltaicas tradicionais dos painéis solares, e explorando células orgânicas, ou outras baseadas em novos sistemas quânticos como *quantum-dots* ou grafeno. O artigo dos jovens investigadores Miguel Brito e Killian Lobato mostra-nos a evolução dos recordes da eficiência das células fotovoltaicas de multijunção, que já conseguiu atingir uns promissores 45%. O que nos leva à questão, talvez a discutir noutro número: é necessário ou não incluir ainda na agenda no “mix-energético” do fotovoltaico, eólico, e energia das marés, a energia produzida em reactores de fusão ou reactores híbridos de fusão-fissão nuclear?

O artigo de Horácio Fernandes mostra como explorar na sala de aula o papel da cor na eficiência térmica dos painéis solares. Constança Providência escreve para os mais pequenos um artigo, simples e perfeito, sobre a utilização de energia eólica. E há ainda muitas notícias neste número, sobre publicações, educação e investigação em Física.

Neste meu último editorial para a *Gazeta de Física*, a última palavra deixo-a para a nova equipa da *Gazeta* a entrar em funções. Em papel, ou em plataforma electrónica, no Facebook e não só, a *Gazeta* tem de continuar, num novo ciclo de energia. E muita energia é o que desejo à nova equipa.

Teresa Peña

Ficha Técnica

Propriedade

Sociedade Portuguesa de Física
Av. da República, 45 – 3º Esq.
1050-187 Lisboa
Telefone: 217 993 665

Equipa

Teresa Peña (Directora Editorial)
Gonçalo Figueira (Director Editorial Adjunto)
Carlos Herdeiro (Editor)
Filipe Moura (Editor)

Secretariado

Maria José Couceiro - mjose@spf.pt

Colunistas e Colaboradores regulares

Ana Simões, Carlos Fiolhais, Constança Providência, Jim Al-Khalili

Colaboraram também neste número

Albino Pinto, Ana Maria Eiró, António Luís Ferreira, António Piedade, Carlos Fiolhais, Carlos Saraiva, David Marçal, Gonçalo Figueira, Guilherme de Almeida, Horácio Fernandes, Jorge Andrade Silva, Jorge Buescu, Killian Lobato, Maria Helena Caldeira, Marlene Batista Gonçalves, Miguel Centeno Brito, Rita Figueira

Design / Produção Gráfica

Dossier, Comunicação e Imagem
www.dossier.com.pt
NIPC 501094628

Registo ICS 110856

ISSN 0396-3561

Depósito Legal 51419/91

Tiragem 1.800 Ex.

Publicação Trimestral Subsidiada

As opiniões dos autores não representam necessariamente posições da SPF.

Preço N.º Avulso €5,00 (inclui I.V.A.)

Assinatura Anual €15,00 (inclui I.V.A.)

Assinaturas Grátis aos Sócios da SPF.

Fatura de eletricidade: o lado bom do documento malvado!

Jorge Andrade Silva

Escola Secundária Henrique Medina, Esposende

Sumário

O paradigma CTS (Ciência – Tecnologia – Sociedade) para o ensino das Ciências, introduzido nos *curricula* do ensino secundário nos primeiros anos deste século, advoga a seleção de recursos diversificados, devidamente contextualizados nos temas científicos a abordar e, tanto quanto possível, familiares aos alunos.

Um dos aspetos mais críticos para o sucesso das aulas é a utilização de recursos que permitam despoletar a curiosidade científica dos alunos, na perspetiva de os conduzir até à consecução das aprendizagens pretendidas.

A fatura de eletricidade constitui-se, neste contexto, como um recurso para as aulas de Física, tal é a riqueza e multiplicidade da informação nela encerrada e o conseqüente potencial de exploração didático.

Neste artigo apresenta-se a fatura de eletricidade como uma base de trabalho promotora de literacia científica nos alunos, enquanto recurso que se enquadra nos pressupostos defendidos pelos autores dos programas curriculares atuais e numa perspetiva multifacetada e integradora. A este respeito, a informação constante na fatura é abordada a quatro níveis: da Física propriamente dita, da sustentabilidade ambiental, da educação para o consumo e da utilização contextualizada das TIC.

Complementarmente, demonstra-se que um documento que é, por norma, causador de grande aversão, pela associação ao sempre desagradável ato de pagamento, pode ter utilidade prática se visto para além do valor monetário que, fatidicamente, incorpora.

Resulta, da elaboração deste trabalho, a conclusão de que a “malvada” fatura de eletricidade encerra em si um potencial pedagógico muito interessante, tal é a variedade e pertinência dos temas científicos que toca. Importa que, para a capitalização de todo este potencial, se proceda a uma estruturação cuidada do processo de ensino/aprendizagem a implementar pelo professor, de modo a dotar os

alunos de uma gama de competências diversificada, integradora e coerente.

1. Introdução

Os novos programas curriculares do ensino secundário, implementados a partir de 2003, trouxeram alterações ao nível dos conteúdos abordados, assim como (e diria, sobretudo) na metodologia de lecionação das disciplinas de cariz científico.

Uma das alterações preconizadas na metodologia de ensino adotada pelos autores dos programas curriculares de Física e Química é a diversificação de materiais e o conseqüente aproveitamento pedagógico do alargamento do leque de objetos de estudo [1].

Nesta perspetiva, as abordagens didáticas aos temas trabalhados em Física, e em particular no tema da energia, não devem ser dominadas por um modelo único de trabalho, mas sim servir-se de uma multiplicidade de formatos de acordo com os objetivos da aprendizagem e com as especificidades dos alunos. Só assim se entende ser possível promover um ensino da Física cientificamente rigoroso, metódico e atrativo, sem prejuízo da correta contextualização dos temas abordados, como advoga o paradigma de ensino CTS.

O objetivo é educar para a literacia científica, ou seja, para o enquadramento da cultura científica na cultura geral dos cidadãos, explorando pedagogicamente situações e fenómenos familiares aos alunos e tentando fazer compreender o papel da ciência na construção pessoal e na promoção de uma cidadania responsável e ativa. Defende-se que quando as atividades letivas se direcionam para algo familiar ao aluno, com materiais simples e a partir da escolha de problemas significativos para resolução, a sua atuação melhora sensivelmente [2].

Dentro desta perspetiva considera-se imprescindível que os conteúdos sejam abordados de forma contextualizada, dando-se ênfase às questões ambientais, económicas, sociais e políticas que fazem parte da realidade do aluno. Advoga-se uma educação que atenda às necessidades de formação do aluno como ser social apto a agir no ambiente em que vive [1].

A adoção de um recurso educativo válido que se enquadre na nova metodologia de trabalho para, por exemplo, lecionar um tema de Física não é, de todo, uma tarefa fácil para o professor. Normalmente, ou se cinge à abordagem sugerida num manual escolar, ou recorre a bases de dados de recursos já existentes (e que dificilmente se ajustam na íntegra à atividade que se quer implementar), ou despende muitíssimo tempo a criar os seus próprios materiais e/ou a adaptar outros que assim o permitam.

Apela-se, portanto, à criatividade e a uma atenção constante a tudo o que nos rodeia como forma de atenuar este problema, identificando recursos muitas vezes considerados inusitados ou sem qualquer utilidade prática.

Neste domínio, existe um recurso – a fatura de eletricidade – que encerra em si uma panóplia de informações potencialmente exploráveis em termos didáticos e que, por ser banal e associada ao desagradável (quase sinistro) ato de pagamento, não tem merecido nas aulas de Física a atenção que merece. Se pesquisarmos num motor de busca da *Internet*, com os termos “factura”, “electricidade”, “energia”, “aulas” e “física”, só se encontra uma menção à utilização da fatura como instrumento didático num trabalho académico [3], estando também acessível uma proposta de trabalho similar numa página pessoal [4].

Pretende-se, neste artigo, demonstrar o potencial pedagógico de informações extraíveis da fatura de eletricidade e sugerir abordagens ao conteúdo dessas informações, sob diferentes pontos de vista e numa perspetiva transdisciplinar. Porém, considera-se que todas podem ser exploradas, por exemplo, no programa de Física e Química A, do décimo ano, no módulo inicial de Física “Das fontes de energia ao utilizador”.

Não se trata de propor a planificação didática para um ponto particular do programa curricular, pois defende-se que as aulas devem ser concebidas e planificadas pelo professor que as vai implementar e às quais dará obrigatoriamente o seu cunho pessoal, mas sim de chamar a atenção para a mais-valia que um documento tão acessível pode trazer para a sala de aulas.

2. Metodologia

Em termos metodológicos, assume-se que as aulas de Física devem ser organizadas de forma a envolver

os alunos na realização sistemática de tarefas, tão diversificadas quanto possível e fazendo uso de materiais variados. Para o efeito, poder-se-á recorrer a atividades como resolução de exercícios e de problemas, análise de documentos, realização e interpretação de gráficos e tabelas, atividades de pesquisa e debates [1]. Os conceitos físicos deverão, nesta abordagem didática, surgir devidamente contextualizados e como corolário do trabalho desenvolvido. Neste sentido, procede-se à análise da informação da fatura de eletricidade em quatro domínios: da Física propriamente dita, da sustentabilidade ambiental, da educação para o consumo e da utilização contextualizada das TIC. Para cada um destes domínios, propõem-se diferentes abordagens didáticas, concebidas a partir de informações específicas em extratos do documento.

Esta análise é precedida de uma apresentação geral da fatura, dividindo e identificando diferentes extratos, oito no total, com informação a ser explorada separadamente. Salienta-se o cuidado de não revelar nem o titular do contrato nem a empresa fornecedora do serviço (ainda que em Portugal não seja necessário recorrer a processos adivinhatórios muito complexos para desvendar a sua identificação!). Após a explanação das abordagens didáticas da informação extraível da fatura, é feita uma chamada de atenção particular para o papel do professor neste processo e, em particular, para a importância crucial da sua mediação para a consecução plena dos objetivos pedagógicos das tarefas propostas.

É de referir que seria perfeitamente possível fazer este trabalho com base numa fatura de outro tipo de serviços (água ou gás), ainda com variantes que respeitassem as especificidades de cada documento.

3. Desenvolvimento

3.1. Apresentação da fatura

Nas figuras 1 e 2 é apresentado o *layout* de uma fatura de eletricidade, onde se identificam pelas letras de A a G extratos considerados suscetíveis de serem abordados em aulas de Física. Excluem-se, como já foi referido anteriormente, os elementos identificativos do prestador de serviços e do titular do contrato.

Uma análise relativamente minuciosa da informação existente na primeira página de uma fatura permite identificar dados relativos ao contrato, tais como o tipo de tarifa e a potência (extrato A), e às diferentes modalidades de pagamento (extrato B). A menção da existência de uma assinatura digital na fatura (extrato C) e uma mensagem para decifrar combinando texto e imagens (extrato D) são também aqui tidos como relevantes.

Na segunda página, pode-se encontrar informação sobre as leituras do contador (extrato E), sobre o detalhe da fatura (extrato F) e com o gráfico relativo às fontes de energia de que a eletricidade consumida provém (G). No extrato identificado com a letra H são explicitados alguns pontos de natureza mais técnica para uma melhor compreensão da fatura.



Fig. 1 - Aspeto geral da página 1 de uma fatura de eletricidade.

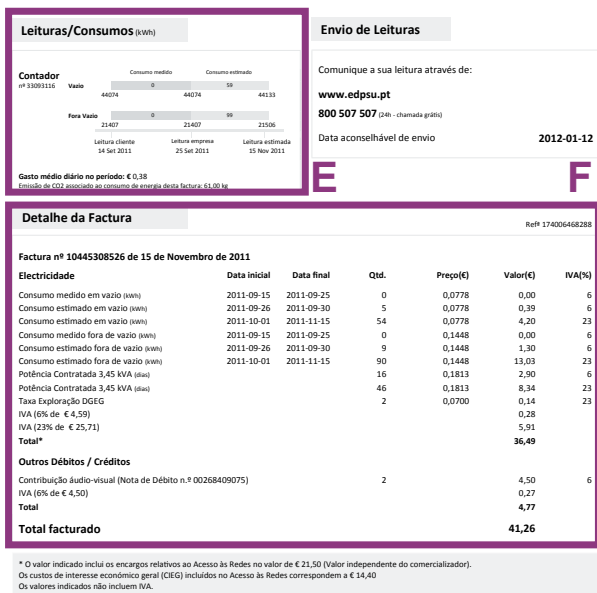


Fig. 2 - Aspeto geral da página 2 de uma fatura de eletricidade.

3.2. Abordagens didáticas à informação da fatura de eletricidade

a) Sobre Física, propriamente dita

A indicação da potência contratada, em kVA, visível no extrato A, poderá ser usada para:

i) explorar o significado físico de potência, associando-o à taxa temporal de transformação de energia; o valor apresentado poderia ser definido como a energia máxima, em kJ, que pode ser transformada na habitação por unidade de tempo, s;

ii) relacionar a potência com o produto entre a diferença de potencial e a intensidade de corrente; poder-se-ão, aqui, abordar aspetos como a relação entre as grandezas físicas e as correspondentes unidades ($1 \text{ W} = 1 \text{ VA}$) e a incorporação frequente de múltiplos de unidades na terminologia científica;

ii) explicar o significado prático do valor da potência contratada, alertando para a existência de várias possibilidades e identificando os critérios que devem nortear a sua escolha no momento da contractualização; esta situação pode ser explorada através da resolução de um problema, em que são indicados os aparelhos elétricos existentes numa habitação e respetivas potências e, através de uma atividade de investigação orientada com recurso à Internet, se sugere que selecionem a potência que mais se ajusta à situação, argumentando devidamente;

iv) explicar que a limitação de funcionamento simultâneo de muitos aparelhos (vulgo, a luz ir-se abaixo) está relacionada com o máximo de intensidade de corrente que pode passar no quadro principal; deve-se fazer compreender que essa limitação é feita através de um disjuntor (bom tema para sugerir uma pesquisa, associando-o a uma evolução do fusível!); poder-se-ia, também, propor o cálculo da intensidade máxima que atravessa um disjuntor num quadro elétrico limitado a uma potência de 3,45 kVA, atendendo a que no nosso país a diferença de potencial fornecida pela rede elétrica é de aproximadamente 230 V (valor não universal).

Com base no extrato E, sugere-se a apresentação do kWh como uma unidade de energia relacionável com o Joule através de uma conversão numérica, sustentando a sua utilização na contagem da energia “consumida” por se ajustar melhor à ordem de grandeza dos valores marcados no contador. Neste domínio, poderia ser também aproveitada a informação do extrato para apresentar a razão de fazer estimativas de valores, discutindo a sua aproximação à realidade a partir do histórico de consumo e realçando a sua importância prática e a sua utilização frequente em Ciência.

b) Sobre sustentabilidade ambiental

Ao nível da educação para a sustentabilidade ambiental, transversal a todos os *currícula* de disciplinas de cariz científico, pode ser feita uma abordagem ao extrato G propondo uma análise às fontes de energia originárias da eletricidade consumida e solicitando que determinem a percentagem que provém de fontes renováveis; neste campo, interessa referir a necessidade de aumentar esta parcela energética, recorrendo como estímulo ao desvendar da mensagem apresentada no extrato D.

O extrato A permite também a exploração didática da existência de tarifas simples, bi-horárias e tri-horárias, num exercício similar ao apresentado para a contratualização da potência, promovendo a análise e decisão fundamentada a partir de cenários realistas; seria também uma boa oportunidade de associar as diferentes tarifas à variação acentuada de consumo ao longo de um ciclo diário e aos problemas técnicos que provocam no sistema de distribuição de eletricidade.

O extrato E inclui a indicação da emissão de dióxido de carbono associada à energia consumida na fatura, o que pode ser utilizado para alertar para o impacto ambiental do consumo de eletricidade e para a conseqüente necessidade de a utilizar de forma racional.

É também fulcral salientar a importância da utilização de faturas em formato eletrónico em detrimento das tradicionais em papel, na medida em que promovem uma diminuição de custos e na exploração de recursos naturais.

c) Sobre educação para o consumo

Um consumo consciente e equilibrado é um indicador claro do grau de maturidade de uma sociedade e deve, portanto, ser explorado nas salas de aulas. Através de uma fatura de eletricidade podem ser abordados vários aspetos relativos à educação para o consumo, tais como as diversas modalidades de pagamento (extrato B), analisando as vantagens e inconvenientes de cada uma, ou a menção à existência de uma assinatura digital (extrato C) nos documentos eletrónicos e a sua importância face ao constrangimento de não poderem ser assinadas fisicamente, tal como os de papel.

O detalhe da fatura, apresentado no extrato F, inclui todas as rubricas que contribuem para o valor final e merece uma análise item a item, para que se identifiquem e explicitem valores relativos ao IVA (em taxas diferenciadas) e outros não relacionados diretamente com o consumo de eletricidade, como a contribuição para áudio-visual.

No extrato H são fornecidas explicações no sentido de elucidar os clientes sobre alguns termos mais técnicos relacionados com dados do contrato e

dados do consumo. Interessa chamar a atenção aos alunos para a necessidade da leitura dessa informação, que poderá sempre ser aprofundada, por exemplo, na página de Internet da empresa prestadora de serviços.

Outra faceta que pode (e deve) ser explorada é a própria essência da fatura: o que é, para que serve e qual a razão pela qual surgem campanhas nos meios de comunicação social para que seja emitida em todas as transações comerciais. Este é um exemplo ilustrativo da abrangência pedagógica deste recurso e do sentido que faz a contextualização dos temas para a consecução das aprendizagens, ainda que não reportem cientificamente à área curricular em estudo.

d) Sobre utilização contextualizada das TIC

A introdução das TIC no ensino deixou de ser um facto questionável, tal a importância que se lhe reconhece enquanto recurso de apoio às atividades letivas. Importa que essa relevância seja entendida pelos alunos e que reconheçam nas suas tarefas a necessidade e os benefícios da sua utilização.

A existência de tabelas e gráficos na fatura de eletricidade dá a possibilidade de compreender a sua construção e de os reproduzir utilizando uma folha de cálculo num computador.

Neste caso, sugere-se a aplicação de fórmulas através da reprodução dos cálculos constantes no extrato F que permitem chegar ao valor final da fatura, e a replicação do gráfico sobre a origem das fontes de energia, apresentado no extrato G. Como complemento, poderia ser dada uma tabela com o histórico de consumos nos últimos 12 meses e solicitar-se a elaboração de um gráfico de barras com essa informação e a previsão do valor da próxima, à luz do que foi dito sobre como estimar valores.

3.3. O papel da mediação do professor

Para que a Ciência seja compreensível pelos alunos como uma prática de seu quotidiano, é preciso que esteja ao seu alcance e que o conhecimento tenha sentido e possa ser utilizado na compreensão da realidade que os cerca.

A última reforma curricular advoga a criação de novos ambientes de aprendizagem, em que o professor participa como orientador das atividades – e não de detentor do conhecimento – e em que os alunos têm a liberdade de propor, desenvolver, criar, elaborar, modelar as ideias na construção dos conhecimentos, não na função de meros receptores de informação mas como aspirantes a cidadãos conscientes, críticos e ativos.

A assunção pelo professor deste papel impõe uma melhor preparação científica e pedagógica, pois novos e exigentes desafios lhe são apresentados. As aulas deixam de obedecer àquele guião pré-formatado e as questões dos alunos passam a ser mais abrangentes e complexas. É também imperioso que o docente esteja consciente de que, com esta metodologia, se incorre no risco de permitir que a discussão dos temas se direcione para discussões inócuas ou, até mesmo, criar conceções alternativas que funcionem

como “forças de bloqueio” à aprendizagem que se pretende desenvolver.

A elaboração de um guião de exploração da atividade surge aqui como uma base fundamental para o sucesso educativo da mesma. Poderia, em teoria, ter a forma da ficha sugerida em [3], ainda que estruturada em torno das quatro abordagens aqui sugeridas e com questões mais abertas e direcionadas para atividades de pesquisa e de investigação.

4. Conclusão

A primeira conclusão a retirar deste artigo aponta para a multiplicidade de abordagens didáticas que uma fatura de eletricidade incorpora, o que, associado à sua facilidade de acesso, a tornam um recurso educativo a explorar, particularmente nas aulas de Física.

Demonstra-se que, enquanto recurso didático, a fatura se adequa às orientações curriculares preconizadas pelos autores dos programas curriculares de Física do ensino secundário, por ser familiar aos alunos – ainda que não muito apreciada – e por permitir abordar um conjunto alargado e multifacetado de competências consideradas fundamentais para um exercício pleno da sua cidadania.

Explorando uma fatura de eletricidade nas aulas de Física, os alunos estarão em condições de aprender aspetos essenciais de energia – tipos, transformações, grandezas físicas associadas, unidades e seus múltiplos – de uma forma contextualizada e integrando competências associadas a outras áreas como a sustentabilidade ambiental, a educação para o consumo e a utilização das TIC.

Em última análise, a compreensão do conteúdo de uma fatura de eletricidade pode promover nos alunos a alteração de comportamentos no sentido de uma utilização mais consciente e racional da energia elétrica.

Hoje, mais do que ontem, é menos importante a quantidade de conteúdos que se aprendem na escola do que conseguir que a escola estabeleça um verdadeiro compromisso com a aprendizagem ao longo de toda a vida, tanto por razões de desenvolvimento pessoal como de interesse social e económico [5].



Jorge Andrade Silva

é licenciado em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e mestre em Física (Especialização em Ensino) pela Escola de Ciências da

Universidade do Minho. Frequenta o programa doutoral em Ciências Físicas na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, onde desenvolve um projeto de investigação na área dos recursos interativos *online* para o ensino da Física. Leciona Física e Química na Escola Secundária Henrique Medina (Esposende) e é formador de professores nas áreas de Física, Química e Aplicações Informáticas. Autor de comunicações orais e em poster em conferências nacionais e internacionais e de artigos científicos, um dos quais na revista *Physics Education*.

Referências

1. Departamento do Ensino Secundário, “Programa de Física e Química A: 10º ou 11º anos”, Ministério da Educação, Lisboa (2001)
2. M. Rodrigues e A. Carvalho, “Professores-pesquisadores: Reflexão e Mudança Metodológica no Ensino da Física - O contexto da avaliação”, *Ciência & Educação*, 8 (1), 39-53 (2002)
3. E. Saraiva, “Factura da EDP e o consumo de energia eléctrica em casa”, pág. 5, (http://repositorio.utad.pt/bitstream/10348/166/2/msc_emscsaraivaAnexos.pdf)
4. L. Ribeiro, “Ficha de trabalho: análise de uma factura da EDP.” (http://dl.dropbox.com/u/9323758/CFQ7/Energia/EDP_-_factura.pdf)
5. F. Pedró, “Alguns elementos para a redefinição do currículo do ensino secundário.” (http://www.cursoverao.pt/c_1997/pedro05.htm)

Concurso Mais Energia Prémio “Conversão e Gestão de Energia”

Conversão e gestão de energia em ferros de engomar

Marlene Batista Gonçalves

Universidade do Minho, Braga

“Acredito que o hidrogénio e o oxigénio proporcionarão uma fonte inesgotável de calor e luz”
Júlio Verne

Resumo

Actualmente é imperativo reduzir a factura energética, com especial atenção no sector doméstico, mas também reduzir as emissões poluentes. Assim, os ferros de engomar vão ser tema central, com especial enfoque a diminuição do consumo energético e das emissões e o redesenho de equipamento.

Com o surgimento de equipamentos com desempenhos energéticos cada vez mais eficientes, é necessário fomentar a utilização desses equipamentos mas ainda estimular o aparecimento de novos produtos, melhorando a eficiência energética.

Deste modo, são abordadas as células de combustível, como fonte de energia renovável, aplicadas ao ferro de engomar.

Introdução

A energia chega até nós de várias formas e, manifesta-se como calor ou como luz. Não se gasta, não se produz, apenas converte-se em energia eléctrica, cinética, térmica, radiante, calórica, etc.

Pensando nos problemas actuais, no uso excessivo de energia, que produz gastos económicos, mas também gastos ambientais, é imperativo obter soluções para combater este problema.

Reduzir na fonte de consumo, não há muito a fazer, pois a economia e a sociedade necessita de energia para o seu desenvolvimento e estabilidade na sua qualidade de vida.

Nesta perspectiva, a gestão de energia deve ter em conta a “satisfação de necessidades”, com gastos mínimos de energia e optimização dos recursos [1].

Segundo Jesus Ferreira, uma correcta política energética passaria por: uso racional da energia; diversificação das fontes de energia primária; solidariedade entre consumidores; redução da dependência energética [1].

Um dos sectores onde mais se consome energia, além dos transportes e indústria, é no sector doméstico, e tem vindo a aumentar cada vez mais, como pode ser observado na ilustração seguinte (Figura 1):

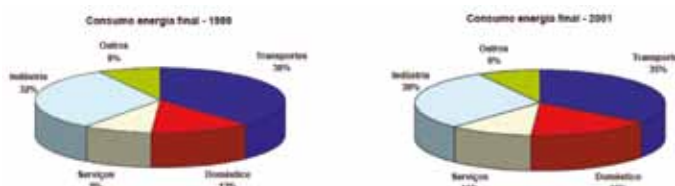


Fig. 1 - Sectores de consumo de energia em Portugal, no ano de 1999 e 2001 [2].

No sector doméstico, os electrodomésticos originam cerca de 80% do consumo de energia eléctrica e a iluminação 15% [3]. Os equipamentos electrodomésticos existentes têm desempenhos energéticos que potenciam a melhoria da eficiência no sector. Para transformar o mercado, no sentido de uma maior eficiência energética, é necessário: fomentar a utilização de equipamentos eficientes existentes no mercado e estimular o aparecimento de produtos mais eficientes, através do investimento em investigação e desenvolvimento [3].

Os electrodomésticos, com maior consumo são em especial os aquecedores, fornos e ferros de engomar. Deve-se então, reduzir o consumo de energia nestes aparelhos.

Deste modo, este trabalho tenta despertar para estas realidades, mas focando a melhoria do ferro de engomar, que apesar de estar cada vez mais eficiente energeticamente, pode-se sempre investigar, melhorar, desenvolver e inovar.

Imagine-se o ferro de engomar, com um design e um sistema de forma a consumir menos energia, sem emissões poluentes e com eficiência satisfatória. Nesse sentido, uma das formas é a tentativa de possuir um ferro de engomar com energia renovável. Para isso, vai ser agora exposto, o funcionamento de uma célula de combustível.

Desenvolvimento

1. Funcionamento da célula combustível

Este tipo de equipamento converte directamente a energia química contida na fonte de energia, normalmente hidrogénio, em electricidade, através de um processo electroquímico. [3] Existem vários tipos de pilhas de células de combustível, mas o funcionamento básico é o mesmo. Como se ilustra na imagem seguinte (Figura 2), segundo Santos, F. *et al*:

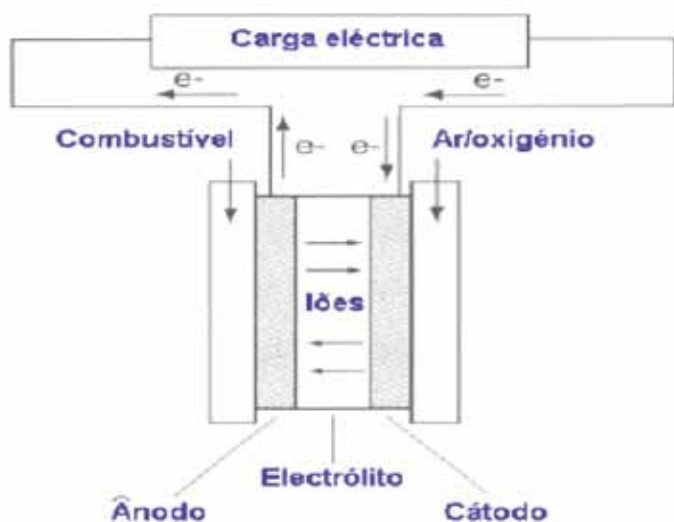


Fig. 2 - Sistema da célula a combustível do tipo WFC [4].

Possuem dois eléctrodos (um ânodo e um cátodo), separados por um material denominado electrólito. Na maioria das pilhas de células de combustível o ânodo é alimentado com hidrogénio, onde se ioniza gerando prótons e electrões. Os prótons atravessam o electrólito para chegar ao cátodo. Entretanto, os electrões circulam por um circuito externo (produzindo uma corrente eléctrica na rede externa) indo para o cátodo da célula de combustível. No cátodo, os electrões, os prótons e o oxigénio reagem formando água. [4]

A energia necessária para converter a água em vapor é indicada na literatura Santos *et al*. [5], que refere para o hidrogénio um valor de poder calorífico superior a 141,86 KJ/g para 1 atm e 25 °C e ainda de 119,93 KJ/g para temperaturas inferiores a 25 °C, o que mostra maior poder calorífico quando comparado com outros combustíveis, uma vez que o hidrogénio é o elemento mais leve e não tem átomos pesados do carbono [5].

A quantidade de energia libertada durante a reacção do hidrogénio é cerca de 2,5 vezes do poder de combustão de um hidrocarboneto (gasolina, gasóleo, metano, propano, etc. ...) [5].

O autor L. A. Serpa [6] refere as diferentes células existentes, onde a sua categorização é feita com base no electrólito que se está a utilizar. Por sua vez, a que vai ser aqui abordada é a RFC – *Regenerative Fuel Cell*. Assim, este é o tipo de células mais elementares para se poder ter em casa sem grandes custos de combustível, pois contém um módulo de separação de hidrogénio e oxigénio que funciona usando a água como combustível, sendo esta, hoje em dia,

de fácil obtenção a cada um de nós.

Chama-se hidrólise ao método de separação do hidrogénio e oxigénio da água, e chama-se WFC (*water fuel cell*) ao processo, por ser à base de água, onde é assim apenas necessária uma energia inicial, para principiar o processo de electrólise. Essa electrólise ocorre quando a água é submetida a uma corrente eléctrica, para que dissocie no hidrogénio e oxigénio [6].

Quando o hidrogénio puro é aproveitado como combustível, os únicos produtos que se obtêm são a água, energia eléctrica e o calor [6]. Claro que, para um ferro de engomar é o calor e a água em forma de vapor que interessa para bons resultados finais na roupa.

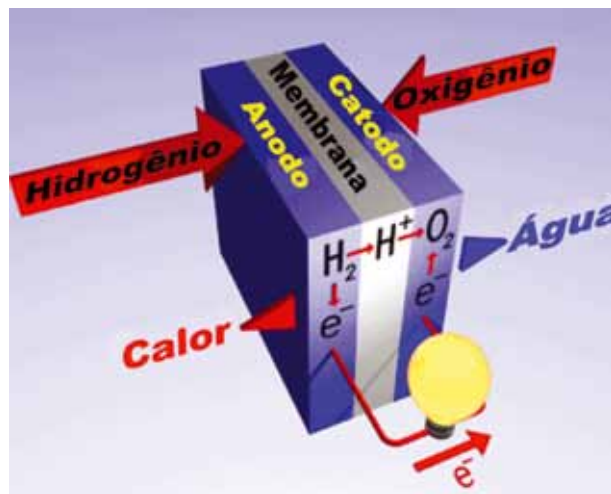
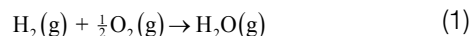


Fig. 3 - Funcionamento básico de uma célula de combustível [6].

As necessidades de manutenção são muito reduzidas e a vida útil pode chegar a 30 anos [3].

2. A química da célula de combustível do tipo WFC

As células de combustível são máquinas electroquímicas. Produzem electricidade através de um meio de conversão de energia química em potência eléctrica sem movimento rotativo, nem combustão [4].



As células de combustível com base na água necessitam sempre de uma saída de água, como se verifica na equação anterior.

Sempre que se inventa uma nova forma de obter energia da natureza ou quando se procede à sua extracção temos sempre um factor de rendimento associado.

Segundo Brandão, M.O. [7], aplicando-se a 1ª Lei da Termodinâmica e desprezando os valores de energias potencial e cinética tem-se:

$$\delta Q - \delta W = \delta U \quad (2)$$

$$dU = dH - PdV - VdP \quad (3)$$

Mas, não esquecendo que o sistema funciona a uma pressão constante (pressão atmosférica), logo $VdP = 0$

$$dU = dH - PdV \quad (4)$$

Como as equações são electroquímicas, o trabalho mencionado na equação (4) é referente ao trabalho de expansão dos gases e ao trabalho eléctrico devido ao transporte das cargas eléctricas. Logo,

$$\delta W = \delta W_{el} + PdV \quad (5)$$

O processo é considerado reversível assim pela 2ª Lei da Termodinâmica tem-se que:

$$\delta Q = TdS \quad (6)$$

O trabalho eléctrico é obtido substituindo-se a equação (2) e a (6) na equação (5) e, rearranjando fica:

$$\delta W_{el} = TdS - dH = -dG \quad (7)$$

Nesta equação (7), torna-se claro que uma célula de combustível tem uma obtenção máxima de trabalho de valor igual a energia livre de Gibbs. Pode então ser considerado circuito aberto, a energia disponível para realizar trabalho externo. [6]

A eficiência de uma célula a combustível é definida como a razão entre o trabalho eléctrico produzido por ele e toda a energia contida na reacção isobárica reversível. Sendo assim ela será:

$$\eta_{termo} = \frac{\Delta G}{\Delta H} = 1 - \frac{T\Delta S}{\Delta H} \quad (8)$$

Assim, se tivermos a reacção da célula:



É possível calcular o rendimento pelas seguintes expressões:

$$\Delta H = [c\Delta_f H(C) + d\Delta_f H(D)] - [a\Delta_f H(A) + b\Delta_f H(B)] \Delta H \quad (10)$$

$$\Delta G = -nF\varepsilon_{fc} \quad (11)$$

Segundo Serpa *et al.* [6], a tensão ideal em circuitos abertos, para pilhas deste género é de 1,229 V.

Uma pilha de combustível é constituída por uma

associação em série de células de combustível. Cada célula individual produz apenas uma tensão aproximada de 0,8 V. [4]

No caso de uma célula a combustível que tenha como reagentes hidrogénio e oxigénio, caso da WFC, o valor de n é igual a dois, referente aos dois electrões do $2H$ que é oxidado. F é a constante de Faraday [9], de valor 96485,340 C mol⁻¹. E ε_{fc} é a diferença de potencial da célula (a diferença entre a voltagem do ânodo e a voltagem do cátodo).

Assim, aplicando as relações de Brandão, M.O. [7], equações (8) e (11), vemos que o rendimento efectivo se calcula por:

$$\eta_{effect} = \frac{nF\varepsilon_{fc}}{\Delta H} \quad (12)$$

Valores tabelados por D. R. Lide [9], com condições de temperatura de 298,15 K e pressão de 10⁵ Pa.

Tabela 1 - Alguns dados (em kJ/mol)

$\Delta H_{H_2O}(l) = -285,83$
$\Delta H_{H_2O}(g) = -241,82$
$\Delta H_{H_2}(g) = 0$
$\Delta H_{O_2}(g) = 0$
$\Delta H_{CO_2}(g) = -393,51$
$\Delta H_{CH_3OH}(l) = -238,66$

WFC – Usando as equações (1) e (10) temos que:

$$\Delta H = 1 * \Delta H_{H_2O}(l) - (1 * \Delta H_{H_2}(g) + \frac{1}{2} * \Delta H_{O_2}(g)) = -285,83 \text{ kJ/mol} \\ = -285830 \text{ J/mol}$$

Segundo Brandão N.O. *et al* e ainda L. A. Serpa, $\varepsilon_{fc} = 0,67$, então na expressão (12), sabe-se que o rendimento é de 67%.

3. Aplicação aos ferros de engomar

Há vantagens numa célula a temperaturas elevadas, elevada capacidade, melhora a cinética das reacções, maior eficiência, elevada performance etc [11].

Segundo Gomes Neto, os custos desta tecnologia têm caído 25% [12]. Na literatura Silveira (2006, p.7) [13] refere que para se produzir 1 m³ de hidrogénio com 80% de eficiência, gasta-se 4,4 kWh de energia eléctrica. Assim, a viabilidade da electrólise vai depender da forma de produção da energia eléctrica utilizada [14].

Segundo Gomes Neto [12], um electrolisador com 100% de eficiência utiliza uma quantidade de energia eléctrica de 33 kW por hora para produzir 1 kg de hidrogénio nessa mesma quantidade de tempo. Geralmente, as eficiências dos actuais electrolisadores variam entre 60 a 90% [14].

Assim, para se dar a electrólise inicial necessária, pode-se usar a energia eólica, solar ou hidroeléctrica [14], para

que produzam energia ligada ao circuito, onde favorece a electrólise de forma praticamente gratuita. Neste caso, do ferro de engomar seria pouco eficiente, por ser um electrodoméstico.

Poder-se-ia alterar o ferro de engomar a ponto que receba energia solar num painel, de forma a induzir a electrólise, ou ainda com uma lâmpada (com cerca de 150 W a uma distância de segurança mínima de 0,10 m [15]) a servir de sol, visto ser um aparelho do interior de casa, ou ligado a uma eólica ou tentar inserir a possibilidade de ao ligar a energia eléctrica da corrente ao ferro, esta energia ter um efeito de produção de electrólise, passando logo as células a funcionarem por si e, a corrente necessária para o consumo seria menor, pois estariam as células a produzir o calor e vapor necessário, sem mais consumo eléctrico. Uma espécie de ferro de engomar híbrido.

Infringindo as regras de segurança, tem-se mais eficiência, isto é, colocando a lâmpada mais próxima do módulo solar.

4. Funcionamento do ferro de engomar

Quando o ferro está quente, o utilizador move este objecto conseguindo, através da combinação de calor, da pressão nele exercida e da sua base plana, engomar, retirar vincos e rugas de vestuário. Servem também para limpar e desinfec-tar tecidos, matando parasitas e bactérias [16].

O ferro seria abastecido com água (como já o é nos ferros modernos de caldeira), e como também são os automóveis que funcionam com o mesmo método, estaria ligado a uma célula portátil de porte reduzido, onde receberia energia solar ou eléctrica de forma a iniciar o processo de electrólise, convertendo a água em calor e vapor (o pretendido) [17]. Não havendo perdas de produto, os gastos seriam menores e com o desenvolvimento de novos materiais e nanotecnologias, ficariam mais baratas.

O ferro de engomar poderia deixar de ter o formato como conhecemos, de forma a receber a energia das células. A sua dimensão não seria muito maior que os já existentes de caldeira e, mesmo o investimento inicial podendo ser elevado, dará para reaver em pouco tempo o investimento dispendido, com a poupança energética.

Uma tecnologia pode influenciar ou mesmo determinar a forma dos produtos que a incorporam [16].



Fig. 4 - Simulador EDP [18].

Um ferro de engomar comum, de potência 1500 W, usado uma vez por semana em média de 2 h, gasta 12,9 kWh, emite cerca de 5,54 kg de CO₂, com um custo médio de 2,1 Eur/KWh [18].

Ao passo que, um ferro com funcionamento a células de combustível com hidrogénio como combustível, os subprodutos da reacção são o calor e a água pura, o que significa que a pilha de combustível pode ser vista como tendo emissões poluentes iguais a zero de CO₂.

5. Comparações com resultados experimentais

Segundo a literatura Pinto A., Gonçalves, M. [19], relativo a uma experiência laboratorial, com o apoio dos instrumentos *Hydro-Genius™ Extension Kit Methanol Fuel Cell*, foi possível fazer uma montagem, de forma a incidir a luz de uma lâmpada no módulo solar, ligado ao módulo de hidrólise e a uma *load box*, como ilustra a seguinte figura (Figura 5):

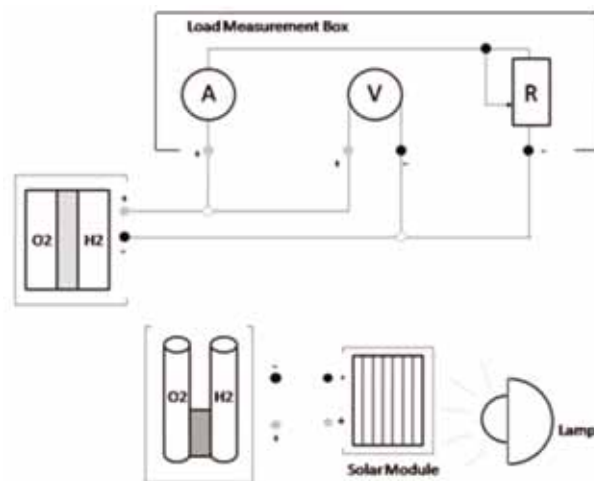


Fig. 5 - Exemplo da montagem do circuito [15].

Desta forma, foi possível variar a intensidade da lâmpada, distância da mesma ao módulo solar e, registar valores, onde provaram que a lâmpada mais intensa oferece mais potência ao circuito [19]. Da mesma forma, variou-se a distância (apesar de infringir as normas de segurança, como se trata

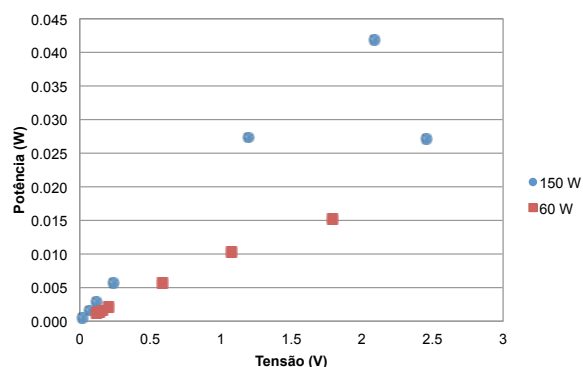


Gráfico 1 - Valores relativos ao módulo solar com os simuladores de luz solar de 60 e 150 W à distância de 0,29 m [19].

de célula com água, o perigo seria menor [15], provando-se também que para distâncias inferiores, a potência seria mais elevada, como mostra-se de seguida:

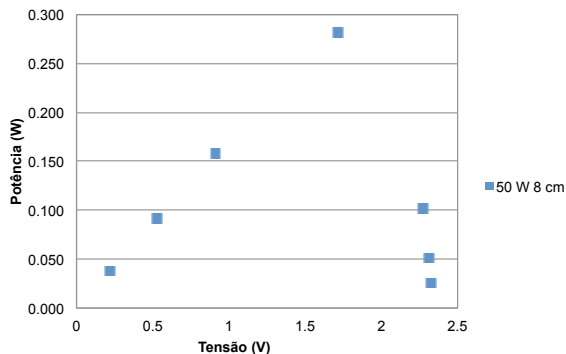


Gráfico 2 - Distância menor entre a lâmpada e o módulo [19].

A norma de segurança recomenda uma distância, entre o “sol” e o painel solar acima de 0,10 m [15], sendo que aqui foi diminuída 0,02 m, registando melhores resultados, com esta distância de 0,08 m.

Estes módulos eram menos eficientes que os preferencialmente comercializados, pois estes serviam apenas para simulações.



Fig. 6 - Módulo solar, ligado a uma lâmpada [15,19].

O custo da energia gasta por este tipo de ferro, iria então depender da fonte de energia inicial, isto é, se for com um painel que recebe luz solar, o custo será zero, mas se for com uma lâmpada aproximada ao painel, o custo rondará o gasto dessa mesma lâmpada, o que para uma de 150 W [19], gastará em média cerca de 0,21 Eur/KWh. Havendo aqui uma poupança de energia significativa.

Assim, visto no simulador da EDP:

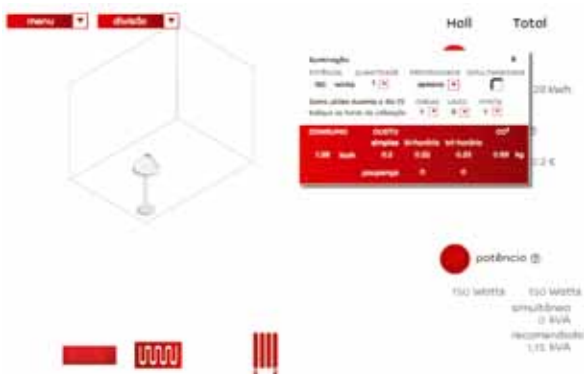


Fig. 7 - Simulador EDP para uma lâmpada [18].



Fig. 8 - Ferro com caldeira [16].

O consumo de água não está a ser considerado, pois os actuais com caldeira também utilizam água em quantidade. Assim como a sua dimensão.

Claro que será necessário um investimento num protótipo experimental, para confirmar a utilidade ou não, e mais investimento ainda na tecnologia para o aperfeiçoamento. Mesmo o investimento em pesquisas não aplicadas pode gerar a invenção de instrumentos que encontram aplicações sem nenhuma relação directa com a motivação original [20].

O custo dos materiais utilizados, podem ser mais caros, neste tipo de colheita de energia, no entanto compensa ao longo de algum tempo, pois o investimento fica pago com a redução da factura energética.

Assim, reúne-se de seguida numa tabela SWOT, os aspectos encontrados positivos e negativos, relativos ao ferro de engomar a células de combustível.

Tabela 2 - Análise SWOT.

Pontos fortes	Oportunidades
Para uso comum; Eficiente energeticamente; Emissões reduzidas ou nulas; Preserva o meio ambiente; Elevada vida útil; Seguro; Gratuita; Sem ruído; Fácil conversão química; Produção local; Arranque rápido;	Inovação do sistema; Inovação na função; Melhoria do produto; Redesenho do produto; Investigação do sistema; Investimento a médio prazo;
Pontos fracos	Ameaças
Preço dos materiais; Dimensão; Melhorar ainda mais a eficiência;	Preço dos materiais;

De qualquer modo, a tentativa passaria por colocar um módulo solar a ser iluminado pelo sol, ou lâmpada, num circuito que permita obter hidrólise, para decompor a água (num reservatório) no desejado hidrogénio, de forma a aquecer a placa do ferro, emitindo calor e vapor de água. Como já foi dito anteriormente, uma tecnologia pode influenciar ou mesmo determinar a forma dos produtos que a incorporam [16], o que à partida, o ferro poderia de deixar de ser como o conhecemos.

Conclusão

Um ferro de engomar, com funcionamento de uma célula de hidrogénio, seria uma forma de diminuir a factura no consumo eléctrico a nível doméstico e de diminuir as emissões. Seria uma forma de inovar, melhorar e até redesenhar um produto, tal como é conhecido.

Conseguir um design, em que uma lâmpada ou directamente a luz solar, incida sobre um módulo solar, de forma a converter água em hidrogénio, libertando água e calor, seria útil e inovador.

Esta forma de energia quase grátis é um alvo de melhoramentos. Mas as vantagens apresentam-se, suficientes para haver uma aplicação. Isto porque, é praticamente gratuita, limpa, sem ruído e de fácil conversão química em energia eléctrica.

No entanto, tem-se em vista, que é um método que fica dispendioso, bem como os materiais e o seu dimensionamento ainda pode ser um obstáculo.

Todavia, estimula-se o aparecimento de produtos mais eficientes, através do investimento em investigação e desenvolvimento. Incentiva-se assim a projectar o descrito, de forma a comprovar e melhorar a técnica.



Marlene Batista Gonçalves

é licenciada em Física, no ramo de Energias e Ambiente pela Universidade do Minho onde integrou um projecto de despoluição de águas. Pós-graduada em Gestão Ambiental pela mesma Universidade e Mestranda no mesmo curso. É Consultora Ambiental e Assessora de um escritório de advocacia na área ambiental.

Referências

1. Ferreira, J. J., "Economia e Gestão de Energia", Jesus Ferreira Consultores, AD MENSURAM, Consultoria em Engenharia e Gestão, Lda., Lisboa, Portugal (Setembro 2003).
2. "Eficiência energética em equipamentos e sistemas eléctricos no sector residencial", DGGE / IP-3E, Venda Nova, Amadora, Lisboa (Abril 2004).
3. Direcção Geral de Energia Ministério da Economia Centro de Estudos em Economia da Energia dos Transportes e do Ambiente, "Energia Portugal 2001", Lisboa (Janeiro 2002).
4. F.M. Castilho M. Santos, F. A. Soares M. Santos, "Células de Combustível", Spectrum, Millenium (Dezembro 2004).
5. F.M. Castilho M. Santos, F. A. Soares M. Santos, "O combustível 'Hidrogénio'", Educação, ciência e tecnologia (Maio 2005).

6. L. A. Serpa "Estudo e Implementação de um Sistema Gerador de Energia Empregando Células a Combustível do Tipo PEM", Dissertação para grau de Mestre da Universidade Federal de Santa Catarina (Janeiro 2004).
7. Brandão, M.O., "Termodinâmica e Simulação de Sistemas de Células a Combustível, Potencial Gerador Eléctrico para Aplicações Estacionárias e Automotivas", Programa de Engenharia Mecânica COPPE/UFRJ, Brasil (2003).
8. Duarte, A., Nunes, J., Carvalho, A., "Projecto dum sistema de energia a partir duma célula de hidrogénio", Faculdade Engenharia do Porto, Porto (Julho 2005)
9. "Handbook of chemistry and physics", D. R. Lide ed., CRC pub., 84th ed., Sec. 5 (2004)
10. Environmental Physics, Boeker and van Grondelle, Wiley (1995).
11. Götz, H.W., Linardi, M., "Tecnologias de células de combustível" (1999).
12. Gomes Neto, E.H., "Hidrogénio, Evoluir sem Poluir: a era do hidrogénio, das energias renováveis e das células a combustível", 1.^a ed. 2005, Curitiba: Brasil (2005).
13. Silveira, D. M. "Produção de Hidrogénio a partir do Bioetanol", Escola de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (2006).
14. Bezerra Filho, J.G., "células a combustível a hidrogénio: estudo de caso comparativo com um motor a combustão", Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza (2008).
15. Operating Instructions, hydro-Genius™ Extension Kit Methanol Fuel Cell, heliocentric Energiesysteme GmbH, Alemanha.
16. Corda, F., "A tecnologia como determinante da forma dos objectos", Universidade da Beira Interior, Covilhã (2010).
17. Ellis, M., Spakovsky, M., Nelson, D., "Fuel Cell Systems: Efficient, Flexible Energy Conversion for the 21st Century", Proceedings of the IEEE 89(12), (Dezembro 2001).
18. Simulador disponível EDP em <http://www.edpsu.pt/pt/particulares/EDP%20Documents/Flash.htm#home>
19. Pinto, A., Gonçalves, Marlene B., "Relatório de trabalho prático de Células de combustível", Universidade do Minho, Braga (2009).
20. Chaves A., Shellard R., "Física para o Brasil: Pensando o futuro. O desenvolvimento da física e sua inserção na vida social e económica do país", Sociedade Brasileira de Física, Brasil (2005).



Progressos recentes em energia solar fotovoltaica

Miguel Centeno Brito e Killian Lobato

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

mcbrito@fc.ul.pt

A energia solar fotovoltaica, conversão de radiação solar em eletricidade, é uma fonte de energia limpa, abundante e renovável com um enorme potencial para satisfazer as necessidades crescentes de eletricidade da humanidade. Do ponto de vista científico é uma área do conhecimento interdisciplinar, com ênfase na física e na química, engenharia de materiais e electrotécnica. Este artigo apresenta uma revisão de alguns dos principais desenvolvimentos recentes e tendências futuras, em particular a redução de custos associados à produção de células solares de silício cristalino, eliminação de elementos tóxicos ou menos abundantes na cadeia de produção, condicionamento eléctrico de sistemas fotovoltaicos e novos conceitos de células solares.

Introdução

O aproveitamento da radiação solar para produção de eletricidade, limpa, abundante e renovável, pode ser feita por via térmica ou por via fotovoltaica, convertendo directamente em eletricidade os fotões solares incidentes. Desde que a primeira célula fotovoltaica moderna foi revelada ao mundo em 1954 [1], não mais a tecnologia fotovoltaica deixou de evoluir, com melhores desempenhos, menores custos mas também com soluções mais sustentáveis do ponto de vista ambiental. A Figura 1 apresenta um resumo

da evolução da eficiência das várias famílias tecnológicas existentes. Podemos observar que ao longo das quase quatro décadas a que se referem os dados, a eficiência máxima duplicou de pouco mais de 20% em 1975 para 45% em 2012. As células campeãs, células multijunção com eficiências recorde, são verdadeiros feitos da sofisticação tecnológica, mas dificilmente poderão ter utilidade prática devido aos custos de fabrico. São uma espécie de dispositivos fotovoltaicos “fórmula 1” para demonstrar o potencial da tecnologia, mas demasiados caros para os podermos colocar nos nossos telhados.

Na figura estão representadas quatro grandes famílias tecnológicas. Para além das células multijunção (linhas a roxo) temos a família das tecnologias baseadas em silício cristalino (linhas azuis), líder do mercado. As linhas a verde representam os chamados filmes finos, que podem incluir a utilização de outros semicondutores. Por fim, a vermelho apresentam-se as tecnologias do futuro, ou emergentes, que embora hoje ainda não tenham alcançado o mercado, se espera que possam vir a ter um papel relevante no futuro.

A eficiência de uma célula solar é um parâmetro muito relevante para aferir o seu desempenho, mas naturalmente não é o único. De facto, como o combustível de um sistema solar é a radiação solar, sendo portanto abundante e gratuito, a eficiência só é relevante no sentido em que um sistema

Best Research-Cell Efficiencies

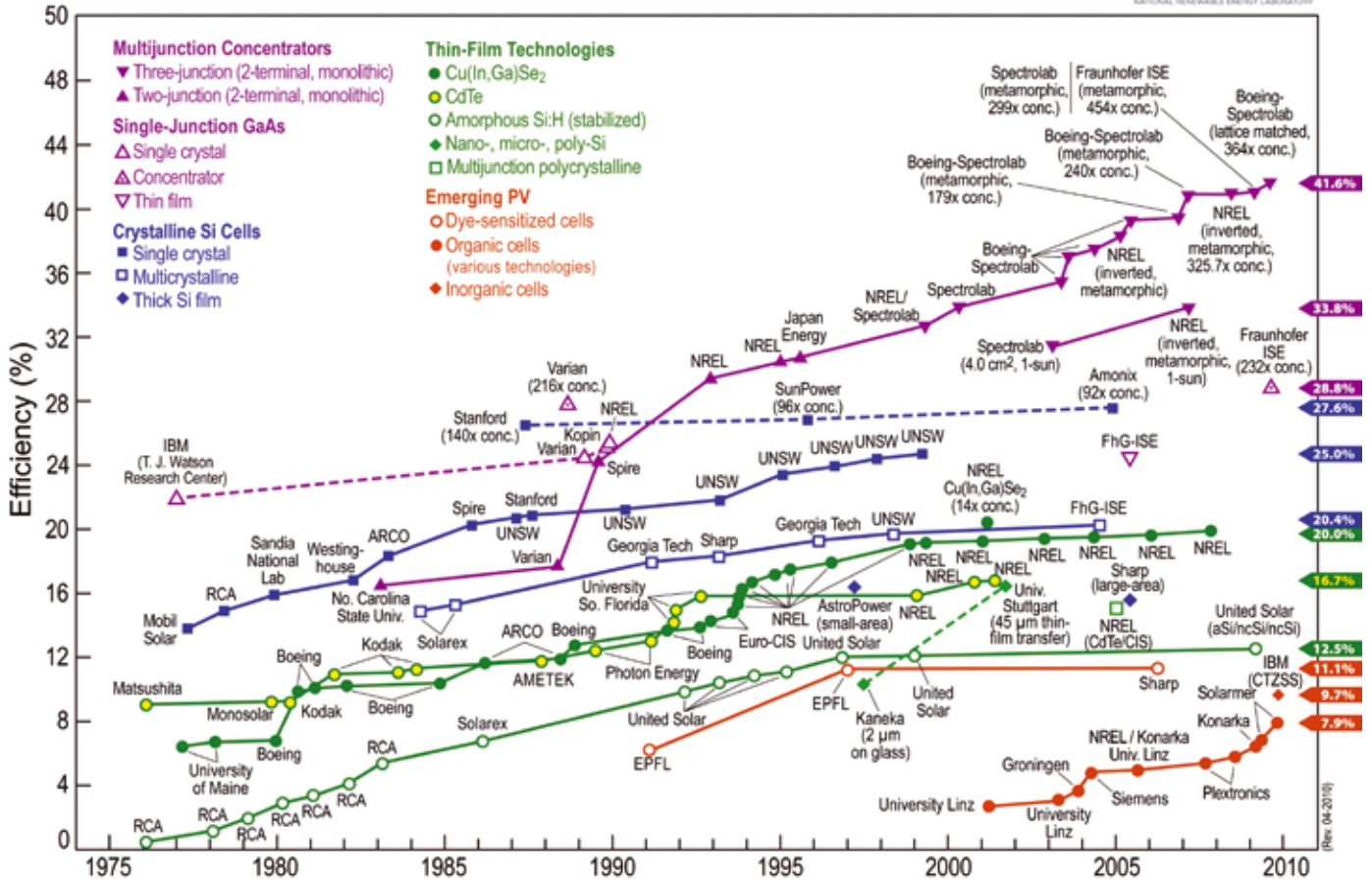


Fig. 1 - Evolução da eficiência recorde das várias famílias tecnológicas de células solares [2].

mais eficiente ocupa uma área menor do que um sistema menos eficiente. Se o custo de fabricar uma célula 1% mais eficiente for maior do que o custo de aumentar a área¹ em 1%, então o bom senso económico determina que o sistema menos eficiente é preferível. Assim, de facto, o verdadeiro indicador que determina se a eletricidade solar pode ser economicamente competitiva com as energias fósseis é o custo da eletricidade solar, medido em euros por quilowatt-hora (€/kWh), que vai depender do custo e da eficiência da célula ou painel solar mas também do resto do sistema fotovoltaico, e até do local onde o sistema está colocado, que pode ter mais ou menos radiação solar disponível ao longo do ano.

A inovação na área do fotovoltaico hoje em dia abarca esses e muitos outros aspetos da cadeia de valor. Podemos por exemplo desenvolver novas tecnologias de gestão de informação geográfica para analisar e otimizar o recurso solar [3], definir estratégias de despacho para a rede elétrica para valorizar a eletricidade solar, mais abundante em horas de “cheia” quando a procura é mais elevada [4], ou articular sistemas de microcrédito para eletrificação solar rural em zonas remotas [5]. Neste artigo, porém, vamos focar a atenção em desenvolvimentos tecnológicos recentes com

ênfase na redução de custos, aumento de desempenho, reforço da sustentabilidade, e também na compreensão de fenómenos físicos e químicos que, um dia, nos poderão levar a desenvolver soluções ainda mais eficientes, mais baratas e limpas.

Silício cristalino a menor custo

O mercado da energia fotovoltaica tem sido dominado pelas tecnologias baseadas em silício cristalino. A matéria-prima é não-tóxica e muito abundante: o silício encontra-se no quartzo e nos grãos de areia da praia. Contudo, a sua utilização como substrato para as células solares exige um processo de purificação e cristalização que é demorado e energeticamente dispendioso. De facto, um painel solar de silício precisa de funcionar durante dois anos para poder produzir toda a energia que se gastou no seu fabrico. Com tempos de vida superiores a vinte anos, do ponto de vista energético faz sentido investir numa célula solar, mas se conseguíssemos reduzir esse “tempo de amortização energética” seria com certeza importante, tanto do ponto de vista económico como ambiental².

¹ Aqui o custo da área significa não só a área física que a célula ocupa mas todos os outros custos que aumentam com a área ocupada, como por exemplo o custo acrescido por termos que usar cabos eléctricos mais longos, etc.

² Como a generalidade da indústria nos dias de hoje, as fábricas onde se fazem os substratos de silício cristalino normalmente recorrem a energias fósseis.

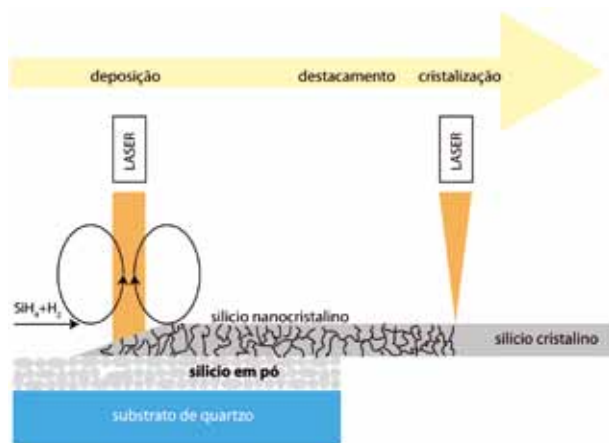


Fig. 2 - Diagrama esquemático do processo SDS

O processo tradicional de preparação do silício para células solares inclui uma complexa sequência de passos para decantação, refinação, vaporização, deposição, fusão e ressolidificação, de modo a obtermos um material hiper-puro e com a estrutura cristalina adequada [6]. O resultado final é um lingote que deve ser cortado em fatias muito finas, com cerca de 0,2 mm de espessura, a partir das quais se vai fabricar a célula fotovoltaica. Normalmente, o processo de corte é feito usando uma serra de fio cuja espessura é da ordem da espessura pretendida das “fatias” de silício. O resultado prático é que acabamos por deitar fora, em “serradura”, quase metade do material que custou tanto tempo e energia a produzir. É pois evidente que o desenvolvimento de novos processos de corte dos substratos de silício poderia ter um enorme impacto no custo final das células solares. Exemplos de resultados recentes interessantes nessa área incluem a propagação controlada de fraturas paralelas à superfície por acoplamento mecânico com outros materiais com coeficientes de expansão térmica diferenciados [7] ou por implantação iónica [8].

Por outro lado, um método que permitisse purificar e cristalizar o silício diretamente com a forma plana evitaria por completo o processo de corte. Uma das técnicas desenvolvidas com essa abordagem mais revolucionária é o processo SDS – *Silicon Dust on Substrate* [9]. Trata-se de um processo com dois passos principais (Figura 2). Primeiro, deposita-se uma camada fina de silício num substrato que consiste em pó de silício. Esta deposição, realizada a partir de silano (SiH_4) à pressão ambiente com radiação focada, permite atingir uma taxa de deposição muito elevada, à custa de uma qualidade cristalográfica inferior à desejada. Depois de destacada do substrato, esta pré-fita de silício muito puro é cristalizada por um processo de zona fundida, o que permite obter uma boa estrutura cristalina enquanto

se procede à segregação de eventuais impurezas residuais na amostra.

A redução da fatura energética das células solares, pela otimização no uso dos materiais, como nos exemplos anteriores, ou aumentando a eficiência de conversão, através da formação de emissores seletivos [10], heterojunções [11], redução da reflectividade da superfície [12], etc, tem permitido reduzir significativamente o custo das células solares por unidade de eletricidade produzida, tornando-as cada vez mais competitivas com a eletricidade produzida a partir de fontes não-renováveis e mais poluentes.

Eliminação do uso de chumbo nas células solares

Por vezes, contudo, o objetivo de novas técnicas de processamento de células solares não é apenas a redução do custo. Um exemplo é o enorme esforço de investigação e desenvolvimento por parte da indústria fotovoltaica para substituição do chumbo na metalização (formação dos contactos) das células solares. Embora, pelo menos para já, este seja um sector industrial excluído da obrigação de eliminar o uso de chumbo nos seus produtos, a indústria tem consciência que uma das suas mais-valias é o baixo impacto ambiental, pelo que se deve evitar sempre que possível o recurso a materiais tóxicos e perigosos.

Os contactos eléctricos de uma célula solar devem ser bons condutores eléctricos, para serem eficientes a extrair a corrente eléctrica; devem aderir bem ao silício, porque a durabilidade é um aspeto essencial de uma célula solar; e, porque estão na face iluminada³ da célula, devem formar uma rede com ‘dedos’ muito finos, de modo a não fazer demasiada sombra. Tradicionalmente os contactos são desenhados por serigrafia, usando pastas de vidro com pequenos cristais de prata. A pasta de vidro contém óxido de chumbo que tem duas funções principais: por um lado, facilita o contacto eléctrico entre a prata e o silício (reduzindo a resistividade e por isso as perdas por efeito Joule) e, por outro, reduz a temperatura de fusão do vidro, facilitando a dissolução dos cristais de prata e permitindo que a pasta atinja a fluidez necessária para o processo a uma temperatura mais baixa. Uma célula solar típica contém cerca de 30 mg de chumbo.

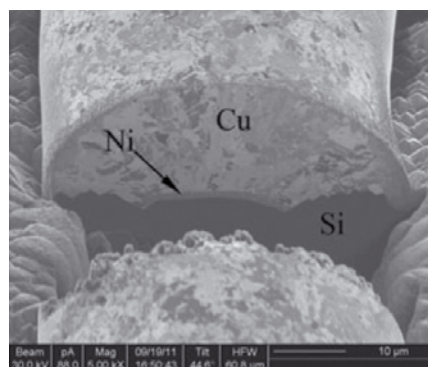


Fig. 3 - Vista de corte de contacto frontal de uma célula solar formado sem recorrer a óxido de chumbo e substituindo prata por cobre [15].

³ De facto, algumas configurações mais sofisticadas de células solares têm os dois contactos, “positivo” e “negativo”, na face posterior da célula; são as denominadas *back contact solar cells* [26], que atingem eficiências relativamente elevadas mas, de um modo geral, a custos mais elevados.

Os principais desafios na engenharia dos contactos tem-se focado na procura de outros materiais para substituir o chumbo, na redução da quantidade de prata (para redução de custos) e até na procura de alternativas à serigrafia, como por exemplo a impressão com jacto de tinta ou galvanoplastia, com o objetivo de conseguir “dedos” mais altos e magros que fazem menos sombra mas conduzem melhor a eletricidade [13]. Esta é uma área que ferve de atividade, com novos conceitos e produtos a chegarem ao mercado todos os anos [14]. Como ilustração dos progressos mais recentes, apresenta-se na Fig. 3 uma imagem de microscópio eletrónico que apresenta uma vista de corte de um contacto de cobre, com 0,017 mm de espessura, crescido por deposição induzida por luz sobre uma fina camada de níquel, um processo desenvolvido pela Technic Inc. [15].

Smart-modules

Mas não é só na área da engenharia dos materiais que se registam desenvolvimentos tecnológicos relevantes na indústria fotovoltaica. Uma outra área que vibra de entusiasmo é o condicionamento elétrico dos sistemas, os chamados *smart-modules*.

Um sistema fotovoltaico típico consiste num conjunto de painéis solares ligados em série, que quando iluminados produzem uma determinada corrente contínua (DC). Esta é convertida em corrente alterna (AC) por um conversor, a que chamamos inversor, só então podendo ser injetada na rede elétrica. A corrente e tensão produzidas por um painel solar dependem da intensidade da radiação que o ilumina e da sua temperatura. Se por alguma razão um dos painéis produzir uma corrente menor do que os seus vizinhos (por exemplo, devido a uma sombra de uma chaminé), e porque dado que o sistema se encontra ligado em série, a corrente produzida pelo sistema vai ser limitada pelo painel sombreado, e portanto fazendo com que uma parte da potência dos outros painéis vai-se perder-se inutilmente.

Para minimizar esta perda de eficiência, começam agora a surgir as primeiras soluções de painéis solares inteligentes que impedem a propagação destas ineficiências ao resto do sistema. Podemos por exemplo, colocar à saída de cada painel um conversor DC/DC que se autorregula de modo a não

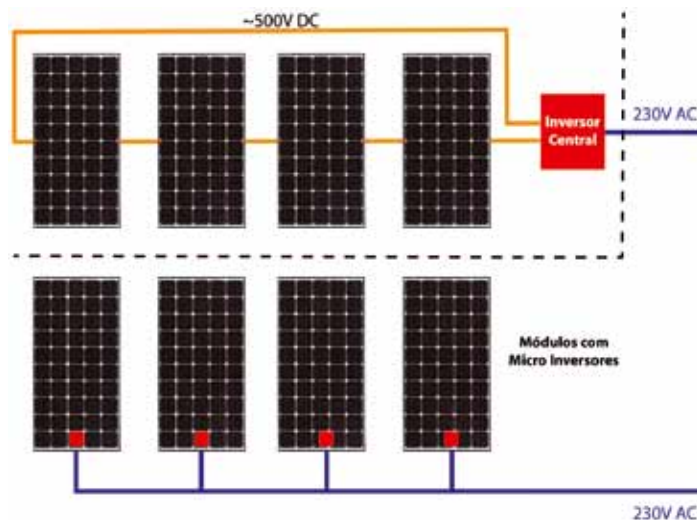


Fig. 4 - Diagrama esquemático de módulos AC

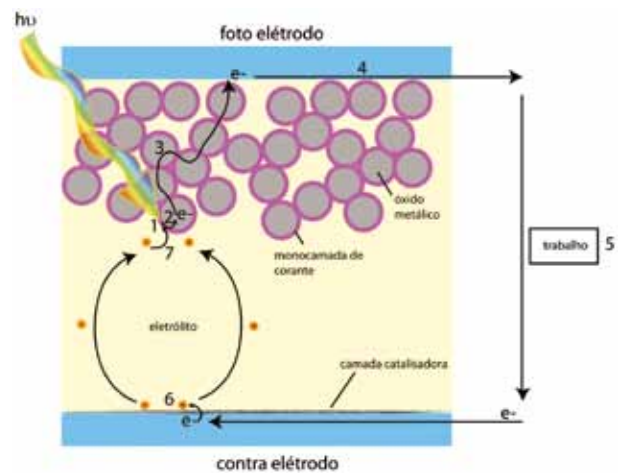


Fig. 5 - Princípio de funcionamento de uma célula solar sensibilizada com corante, ou dispositivo de Grätzel.

puxar corrente dos painéis vizinhos [16]. Uma outra vantagem destes conversores é que fixam a tensão de saída da série, tornando-a independente da temperatura, o que evita a necessidade de sobredimensionar a tensão de entrada do inversor, reduzindo os custos de conversão em corrente alterna.

Uma outra abordagem, ainda mais revolucionária, é a introdução de mini-inversores em cada painel individual [17]. Este conceito é denominado “*plug-and-play*” ou “*módulos AC*”, pois ficamos com um painel solar que tem uma ficha de 220V-AC como as fichas que temos em casa, pelo que só precisamos de uma tomada para o ligar à rede. Com este conceito, que tal como no caso do conversor DC/DC é tolerante a problemas de sombras, a instalação de painéis solares num telhado deixa de exigir profissionais altamente qualificados e passa a poder ser feita, com toda a simplicidade, pelo consumidor final.

Claro que para estas abordagens, como em todos os casos precedentes, é bem mais fácil dizer do que fazer. A introdução de componentes eletrónicos em painéis individuais não pode encarecer demasiado o painel solar e deve apresentar garantias de funcionamento durante a vida de todo o painel, que pode superar os 40 anos à chuva e ao sol, sem quaisquer intervenções de manutenção. Pior do que um sistema pouco eficiente é um sistema que não funciona!

Células sensibilizadas com corantes

O desenvolvimento das células solares sensibilizadas com corantes começou em 1991 quando Brian O’Reagan e Michael Grätzel apresentaram um dispositivo simples com uma eficiência de conversão de 7% [18]. A grande promessa das (hoje chamadas) células Grätzel levou a um aumento exponencial na investigação, contando-se mais de 9000 artigos a citar a publicação original, dos quais mais de 1400 publicados só no ano passado. Existem várias razões para tanto entusiasmo. Desde logo, a aparente facilidade com que as células podem ser fabricadas, leva a acreditar que o fabrico

em larga escala poderá ser implementado a baixo custo. Mais, a facilidade de fabrico permite também que qualquer investigador interessado possa criar uma célula solar deste género no seu laboratório, ou seja, a própria investigação de células de Grätzel é também ela de baixo custo. Apesar de tanto entusiasmo comercial e académico, podemos verificar na Figura 1 que do ponto de vista da eficiência só se verificaram grandes saltos qualitativos em 1997. A Figura 5 apresenta esquematicamente o funcionamento de uma célula solar de Grätzel. A absorção da radiação solar é feita por moléculas (o corante) através da transição de um eletrão do estado fundamental para um estado excitado (1). Esse eletrão passa para o semicondutor (2), oxidando o corante que precisa de ser regenerado por espécies doadoras de eletrões que se encontram no eletrólito onde está mergulhado (7). Entretanto, o eletrão atravessa o semicondutor (3) até chegar ao contacto elétrico (4), e depois segue o seu caminho através do circuito elétrico a que ligámos a célula (5). Na parte posterior da célula temos o contra-eléctrodo que recebe eletrões do circuito, regenerando as espécies do eletrólito que já doaram eletrões ao corante (6).

As moléculas que absorvem a luz, corantes ou sensibilizadores, podem ser moléculas orgânicas, *quantum-dots* ou semicondutores em camada fina. A sua natureza e preparação é tão diversificada e flexível que, por exemplo, é possível fabricar células de Grätzel à base de moléculas extraídas de frutos ou vegetais. Esta possibilidade é um excelente exercício que pode ser feito nas escolas em atividades de divulgação de energia solar e ciência em geral [19].

Ao contrário das células solares convencionais, o semicondutor aqui não serve para absorver a luz, mas tem outras funções importantes – nomeadamente, o transporte dos eletrões e a formação de uma estrutura mesoporosa, com uma área grande num volume pequeno. Tipicamente o semicondutor é dióxido de titânio (TiO_2), óxido de zinco (ZnO) ou outro óxido metálico de hiato largo (>3 eV) pois são abundantes e de baixo custo (por exemplo, o TiO_2 é utilizado para tintas e protetores solares).

O eletrólito mais comum é à base do par RedOx iodeto tri-iodeto em solvente orgânico. Um líquido é ideal para permear a estrutura mesoporosa e assim criar um contacto íntimo entre o semicondutor e as moléculas de corante. No entanto, a utilização de um líquido apresenta sérias dificuldades no que toca à fiabilidade, dado que a célula solar terá que durar, no mínimo dos mínimos, 20 anos. Em Portugal, desenvolveu-se um mecanismo de selagem permanente, com o potencial de contornar o problema do encapsulamento de um líquido volátil [20]. Por outro lado, a procura de alternativas à utilização de um líquido, em particular semicondutores sólidos do tipo-p, é um alvo de pesquisa que tem mobilizado muitos esforços. A principal dificuldade é descobrir como

conseguir preencher um volume altamente poroso com um sólido. E os resultados começam a aparecer. Em 2012 foram finalmente apresentadas células solares de Grätzel completamente sólidas com eficiências superiores a 10%, mas mantendo uma grande simplicidade de preparação [21–23].

Contudo, eficiências da ordem de 10% ainda não são suficientes para tornar competitivo este tipo de tecnologia. Para aumentar a eficiência é preciso agora estudar e desenvolver novos corantes, pois já que os atuais limitam-se a absorver uma parte muito pequena do espectro solar. Uma das ideias é conjugar vários sensibilizadores diferentes, com espectros de absorção adjacentes, para assim conseguir recolher por completo o espectro solar.

Outros conceitos

Para além dos conceitos discutidos acima, e as suas muitas variantes, existem ainda outras abordagens a ser desenvolvidas. Algumas com materiais novos para a formação de células de junção p-n clássica, mas também outras com formulações completamente diferentes das tecnologias tradicionais.

Um conceito recente com um potencial promissor é o das células solares CZTS (cobre, zinco, estanho e selénio) que podem ser preparadas como “tintas pintadas” e que utilizam matérias-primas abundantes [24]. O dispositivo em si é relativamente simples, formando uma junção p-n onde a camada p é formada por kesterite ($\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$). O potencial é tal que o gigante IBM tem vindo a liderar a investigação, tendo já demonstrando células solares que ultrapassam os 10% de eficiência.

Completamente diferentes são as chamadas células solares poliméricas [25]. Estas células são constituídas por dois polímeros ou compostos orgânicos, um do tipo-p e o outro tipo-n, ‘misturados’ para formar uma estrutura com uma heterojunção espalhada. Um ou ambos os materiais podem absorver luz, formando um excitão que se propaga até encontrar uma fronteira p-n, ou um aceitador-doador de eletrões, causando a separação da carga. O desempenho deste tipo de células tem vindo a aumentar significativamente, com relatos de eficiências superiores a 10% por empresas como a Mitsubishi Chemical. No entanto, este tipo de células ainda apresentam taxas de degradação muito aceleradas quando expostas à radiação solar e por isso a sua aplicabilidade no futuro próximo estará reservada para aplicações muito específicas como, por exemplo, dispositivos descartáveis.

Conclusão

A investigação científica na área da energia solar fotovoltaica é inerentemente multidisciplinar, cruzando engenharia dos materiais, física do estado sólido, química orgânica e inorgânica, eletroquímica, eletrónica e até sociologia, sistemas de informação geográfica ou economia. Pelo seu valor de mercado, presente e sobretudo futuro, mas também pelo impacto positivo que pode trazer para a preservação do nosso planeta, não esquecendo o puro prazer da inovação e da compreensão dos fenómenos que nos rodeiam, a investigação em energia solar fotovoltaica é uma aventura que, apesar de já ter começado há mais de meio século, é cada vez mais entusiasmante.



Miguel Centeno Brito é professor na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa no Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, com responsabilidades no Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente em cadeiras

como Energias Renováveis, Energia Solar Fotovoltaica e Sistemas Sustentáveis de Energia. Licenciado em Engenharia Física Tecnológica, no Instituto Superior Técnico, e doutorado na Universidade de Oxford, no Reino Unido, é investigador no Laboratório Associado Instituto Dom Luiz. As suas principais áreas de interesse são análise do recurso solar, em particular em meio urbano, electrificação solar remota e tecnologias de silício cristalino para aplicação fotovoltaica. É também responsável pelo Campus Solar – Ensaios de Sistemas Solares, no campus da faculdade.



Killian Lobato licenciou-se em Física em 2003 na Universidade de Bath, Reino Unido, onde posteriormente completou o seu doutoramento em 2007 na área de Foelectroquímica. Após os seus estudos aceitou a oportunidade de integrar o Centro de Sistemas de

Energias Sustentáveis da Universidade de Lisboa na área de energia fotovoltaica como investigador pós doutoral. Participa em diversos projetos no âmbito de desenvolvimento de novos processos de fabrico de silício e lidera projetos na área de células solares Grätzel. Como complemento às atividades de investigação, leciona nas áreas de Foelectroquímica, Fotovoltaico e Sistemas de Energia.

Referências

1. D. M. Chapin, C. S. Fuller, e G. L. Pearson, "A New Silicon p-n Junction Photocell for Converting Solar Radiation into Electrical Power", *Journal of Applied Physics* 25(5), 676 (1954).
2. L. L. Kazmerski, "Best Research-Cell Efficiencies Rev. 11." NREL (2012).
3. M. C. Brito, N. Gomes, T. Santos, e J. A. Tenedório, "Photovoltaic potential in a Lisbon suburb using LiDAR data", *Solar Energy* 86(1), 283 (2012).
4. R. Bhandari e I. Stadler, "Grid parity analysis of solar photovoltaic systems in Germany using experience curves", *Solar Energy* 83(9), 1634 (2009).
5. B. Mainali e S. Silveira, "Financing off-grid rural electrification: Country case Nepal", *Energy* 36(4), 2194 (2011).
6. A. Luque e S. Hegedus, Eds., *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, 1st ed. Wiley (2003).
7. A. Masolin, J. Vaes, F. Dross, J. Poortmans, e R. Mertens, "Thermal curing of crystallographic defects on a slim-cut silicon foil", in 2010 35th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2180 (2010).
8. F. J. Henley, "Kerf-free wafering: Technology overview and challenges for thin PV manufacturing", in 2010 35th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 1184 (2010).

9. J. M. Serra, C. R. Pinto, J. A. Silva, M. C. Brito, J. Maia Alves, e A. M. Vallêra, "The silicon on dust substrate path to make solar cells directly from a gaseous feedstock", *Semiconductor Science and Technology* 24(4), 45002 (2009).
10. H. Antoniadis, F. Jiang, W. Shan, e Y. Liu, "All screen printed mass produced Silicon Ink selective emitter solar cells", in 2010 35th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 1193 (2010).
11. T. Mishima, M. Taguchi, H. Sakata, e E. Maruyama, "Development status of high-efficiency HIT solar cells", *Solar Energy Mat. Solar Cells* 95(1), 18 (2011).
12. J. S. Yoo, I. O. Parm, U. Gangopadhyay, K. Kim, S. K. Dhungel, D. Mangalaraj, e J. Yi, "Black silicon layer formation for application in solar cells", *Solar Energy Mat. Solar Cells* 90 (18-19), 3085 (2006).
13. A. Lennon, Y. Yao, e S. Wenham, "Evolution of metal plating for silicon solar cell metallisation", *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* (2012).
14. G. Beaucarne, G. Schubert, J. Hoornstra, J. Horzel, e S. W. Glunz, "Summary of the Third Workshop on Metallization for Crystalline Silicon Solar Cells", *Energy Procedia* 21, 2, (2012).
15. Y. Yao, A. Lennon, B. S. Tjahjono, e S.R. Wenham, "Use of Inductively-Coupled-Plasma Measurements to Monitor Light-Induced Plating of Silicon Solar Cells", in 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 2682 (2010).
16. "Tigo Energy". www.tigoenergy.com
17. J. J. Bzura, "The AC module: An overview and update on self-contained modular PV systems", in IEEE PES General Meeting, 1 (2010).
18. B. O'Regan e M. Gätzel, "A low-cost, high-efficiency solar-cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films", *Nature* 353(6346), 737 (1991).
19. M. R. Narayan, "Review: Dye sensitized solar cells based on natural photosensitizers", *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 16(1), 208 (Jan. 2012).
20. F. Ribeiro, J. Maçaira, R. Cruz, J. Gabriel, L. Andrade, e A. Mendes, "Laser assisted glass frit sealing of dye-sensitized solar cells", *Solar Energy Mat. Solar Cells* 96(1), 43 (2012).
21. I. Chung, B. Lee, J. He, R. P. H. Chang, e M. G. Kanatzidis, "All-solid-state dye-sensitized solar cells with high efficiency", *Nature* 485(7399), 486 (2012).
22. H.-S. Kim et al. "Lead iodide perovskite sensitized all-solid-state submicron thin film mesoscopic solar cell with efficiency exceeding 9%.", *Scientific reports* 2, 591 (2012).
23. M. M. Lee, J. Teuscher, T. Miyasaka, T. N. Murakami, e H. J. Snaith, "Efficient Hybrid Solar Cells Based on Meso-Superstructured Organometal Halide Perovskites", *Science* (2012).
24. K. Ramasamy, M. A. Malik, e P. O'Brien, "Routes to copper zinc tin sulfide Cu₂ZnSnS₄ a potential material for solar cells", *Chem. Commun.* 48(46), 5703 (2012).
25. G. Li, R. Zhu, e Y. Yang, "Polymer solar cells", *Nature Photonics* 6(3), 153 (Fev. 2012).
26. E. Van Kerschaver e G. Beaucarne, "Back-contact solar cells: a review", *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* 14(2), 107 (2006).



Poluição luminosa: o desperdício inútil de recursos energéticos

Guilherme de Almeida

Fala-se muito em *poluição*, nos mais variados sentidos, da poluição química à poluição sonora, da poluição visual do ambiente à diminuição drástica da biodiversidade nos rios e lagos. A **poluição luminosa** apresenta inconvenientes de vária ordem, que atingem o cidadão comum nos aspectos mais dramáticos: o bolso, o descanso e a qualidade de vida.

O que é a poluição luminosa?

A poluição luminosa (PL) é o efeito produzido pela luz exterior mal direccionada, que é dirigida para cima, ou para os lados, em vez de iluminar somente as áreas pretendidas. Esta forma de poluição resulta, na sua maioria esmagadora, de candeeiros e projectores que, por concepção inadequada ou instalação incorrecta, emitem luz muito para além do seu alvo ou zona de influência, sem qualquer efeito útil. Muitas vezes até emitem luz para as nuvens, como se pode ver na imagem de abertura deste artigo. A luz emitida para cima e para os lados reflecte-se e difunde-se nas poeiras e fumos em suspensão no ar, tornando o céu nocturno mais claro.

O presente artigo fundamenta-se em considerações de ordem energética e ambiental, que são os argumentos de maior peso junto da opinião pública. As referências ao impacto da poluição luminosa nas observações astronómicas e na espectacularidade do céu nocturno, obviamente muito relevantes, não constituíram por isso o fulcro deste artigo.

Prejuízos que resultam da poluição luminosa

Há quem diga que a poluição luminosa é inevitável, um indicador de progresso e modernidade, mas isso não é verdade. A poluição luminosa é o resultado do mau planeamento dos sistemas de iluminação, não da necessidade de iluminação, em si (cuja utilidade não discutimos).

Veja-se que um sistema de iluminação (luminária) adequado, com efeitos mínimos na poluição luminosa, não deixa de iluminar bem o que queremos iluminar: direcciona a luz para o local pretendido, eliminando o desperdício de luz. Em vez disso, muitas das luminárias actuais, deixam a luz escapar em direcções inúteis. Pelo menos 40% da luz é assim desperdiçada e poderia ser reencaminhada para onde interessa. Seria melhor que os raios luminosos emitidos não ultrapassassem os 70° em relação à vertical baixada da lâmpada para o chão (20° abaixo da horizontal). Na realidade, a luz emitida a menos de 20° abaixo da horizontal vai atingir o solo muito longe da base do candeeiro e já não tem eficácia iluminante, mas encandeia e incomoda as pessoas. Mais adiante será a zona a iluminar pelo candeeiro seguinte, e assim sucessivamente.

Se cada candeeiro ou projector reflectir para baixo a luz que iria para cima (e para os lados), melhora-se a iluminação na área que interessa iluminar. Resumindo: ilumina-se mais, com a mesma lâmpada; ou poderemos iluminar o mesmo que antes, mas utilizando uma lâmpada de menor potência, que terá menor consumo. É possível fazer ainda melhor, utilizando simultaneamente um reflector mais eficaz e lâmpadas de maior eficiência energética, com economia ainda maior. Multiplicando esta economia por muitas centenas de

milhares de lâmpadas que, por todo o país lançam luz inglória para onde não deviam, o cidadão contribuinte será capaz de tirar as suas próprias conclusões. Pode adiantar-se que se trata de desperdícios da ordem de algumas centenas de milhões de euros por ano. Nada de insignificante, portanto. E sabe-se que cerca de 70% das despesas de energia de cada município são direccionadas para a iluminação pública.

As consequências desse colossal desperdício inútil são múltiplas. A energia consumida em excesso (evitável) tem outros custos indirectos: muita dessa energia provém de centrais térmicas, elas mesmas poluidoras do ambiente, que assim têm de funcionar mais intensamente, consumindo mais recursos e lançando mais dióxido de carbono na atmosfera, agravando o aquecimento global.

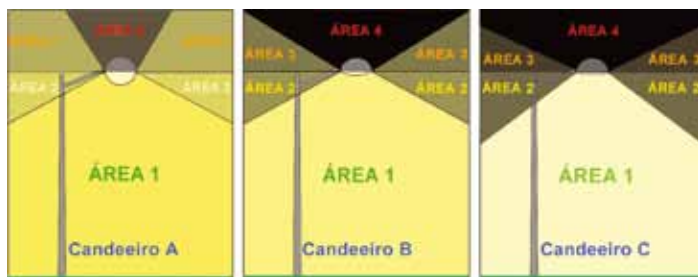


Fig. 1 - Este esquema mostra, de A para C, candeeiros sucessivamente menos poluidores e com menor desperdício energético. O modelo C é o melhor. **ÁREA 1:** Feixe luminoso ótimo; **ÁREA 2:** Feixe luminoso incómodo e sem iluminação relevante; **ÁREA 3 e ÁREA 4:** Feixes luminosos inadmissíveis. Os feixes luminosos nas áreas 2, 3 e 4 deveriam ser redireccionados, por reflexão (e refração), para dentro da área ótima 1.

Ao nível da iluminação pública, sabemos quem paga a conta da energia desperdiçada: são *obviamente os cidadãos*. Mas há outros prejuízos a contabilizar: alteramos e desequilibramos os ecossistemas nocturnos (prejuízos ambientais); somos incomodados pela luz mal direccionada e em excesso, que acaba por nos prejudicar nas ruas, estradas e até mesmo no interior das nossas casas (prejuízos sociais). Não são poucas as pessoas que, para conseguirem dormir, têm de fechar os estores porque o candeeiro da rua faz entrar luz pela janela, apesar dessa janela se encontrar *acima* desse candeeiro!



Fig. 2 - Diferentes sistemas de iluminação. O candeeiro 1 impede a projecção de luz para cima e tem pouca emissão para os lados. O modelo 2 é ainda melhor; o candeeiro 3 é bastante mau com emissão considerável para os lados e acima da horizontal; o modelo 4 é um exemplo gritante de ineficácia e prejuízo: ilumina para cima e para os lados mas não para baixo. E incomoda. Apesar disso, não é difícil encontrá-lo nas nossas ruas.

Há também a poluição luminosa decorrente de algumas iluminações exteriores privadas, onde é o próprio que paga o desperdício, mas não paga o incómodo que causa aos seus vizinhos. Nas estradas e nas auto-estradas, a emissão de luz quase na horizontal encandeia mais do que ilumina,

por permitir que o automobilista veja os globos das lâmpadas ao longe, olhando quase na horizontal. Como as lâmpadas *descobertas* são muito mais brilhantes do que o piso por elas iluminado, as pupilas dos olhos do condutor contraem-se e a faixa de rodagem fica menos visível. Encandeados pela visão directa dos globos das lâmpadas, os automobilistas terão maior dificuldade em distinguir eventuais pedões na estrada, ou animais em travessia. A segurança rodoviária diminui.

É pois necessário otimizar a iluminação pública, em termos energéticos, mantendo apesar disso bons níveis de iluminação no solo. A ponte Vasco da Gama (Lisboa –Montijo) é um bom exemplo deste cuidado e não parece haver reclamações de iluminação insuficiente nas faixas de rodagem desta ponte.

Iluminar bem e iluminar mal

A boa iluminação deve evidenciar o objecto iluminado, *sem* deixar ver a lâmpada exposta quando se olha para ela na horizontal. E deve ter intensidade adequada, sem exageros aberrantes. No entanto, por imperativos de segurança nem sempre comprovados, ou por modernismos de gosto discutível, tem-se intensificado a iluminação nocturna e, o que é pior, essa iluminação é mal orientada: há sistemas de iluminação verdadeiramente desastrosos nas nossas ruas e estradas, como se pode ver nas imagens que ilustram este artigo (vão surgindo alguns bons exemplos, mas ainda são raros).

Por outro lado, a partir de determinada hora, os anúncios luminosos deveriam ser desligados, tal como a iluminação de monumentos. Para quê iluminar um aqueduto ou um castelo às 4 h da madrugada, com poderosos projectores apontados às nuvens? E quase sempre boa parte dessa luz nem sequer “acerta” no monumento, perdendo-se no céu.



Fig. 3 - Duas ruas diferentemente iluminadas. Na fotografia da esquerda, os candeeiros (dos tipos 3 e 4 da figura anterior) emitem bastante luz para os lados e para cima. Na imagem da direita, os candeeiros (do tipo 2 da foto anterior), são mais direccionados para baixo. O solo desta rua tem muito melhor iluminação.

As alternativas

O que fazer para mudar o estado actual da iluminação? É preciso que os cidadãos protestem e que os municípios escolham equipamentos de iluminação adequados. E não é preciso procurar muito. Os fabricantes e fornecedores têm modelos já concebidos de raiz para minimizar a poluição luminosa, com boa eficácia iluminante (menores consumos). Basta escolher no catálogo. O problema é a vontade para escolher esses modelos de candeeiros e luminárias em vez dos maus modelos, e aí põe-se também a questão da educação do público. Afinal, somos o país que se orgulhou de ter a maior árvore de natal da Europa em plena Praça do Comércio, em Lisboa.



Fig. 4 - Exemplos típicos de maus sistemas de iluminação. Na foto da direita, o leão de pedra é iluminado marginalmente, por menos de 10% da luz do projector, apontado na vertical.

Lâmpadas e custos energéticos

Uma lâmpada mais eficiente consegue produzir o mesmo nível de iluminação, consumindo menos. As lâmpadas com má restituição cromática só devem ser utilizadas em locais públicos onde a fácil distinção de cores pelos transeuntes não seja um factor primordial. Por outro lado, uma lâmpada muito eficiente e instalada num sistema reflector/refractor que oriente convenientemente o fluxo luminoso constitui a escolha ideal, duplamente económica.

Existem actualmente três tipos de lâmpadas utilizadas em iluminação pública:

- As lâmpadas de vapor de mercúrio (VM), de luz branca-arroxeadada, com custo inicial relativamente baixo e menor eficiência energética.
- As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (VSAP), de luz amarela-dourada, são uma boa

opção para a iluminação de estradas, grandes praças e cruzamentos, assim como em bairros residenciais.

- As lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão (VSBP), dão luz amarela-torrada e possuem uma eficiência energética muitíssimo elevada.

A tabela no final da página mostra resultados concretos, certamente interessantes para um autarca ou gestor público desejoso de libertar verbas para outras aplicações.

Como avaliar a poluição luminosa num local

Existe um método simples para avaliar o nível de poluição luminosa num dado local. Já sabemos que a luz emitida para cima é reflectida e difundida nas partículas de poeira suspensas na atmosfera e nas partículas dos fumos, assim como nos poluentes industriais. Essa luz desperdiçada, já sem eficácia iluminante, tem um efeito bem visível: o céu nocturno passa a ser cinzento, ou pardo, em vez de ser muito escuro. Por isso, um bom indicador de baixa poluição luminosa num local é a escuridão do céu, o que se traduz na maior abundância de estrelas visíveis a olho nu. Quanto menos estrelas forem vistas, maior será a poluição luminosa. A referência [6] dá essa informação adicional.



Fig. 5 - Uma das consequências práticas do fluxo luminoso que escapa inutilmente para cima é a iluminação das nuvens, evidenciada nesta fotografia. Será necessário iluminar as nuvens?

Particularidades dos diferentes tipos de lâmpadas utilizados em iluminação pública

Tipo de lâmpada	Fluxo luminoso emitido por cada watt de potência absorvida	Potência absorvida por cada 1000 lúmens do fluxo luminoso emitido	Consumo comparado, para igual efeito iluminante (VM=1,000)	Vida útil	Restituição de cores
VM	54 lúmens	18,5 W	1,000	Longa	Boa
VSAP	125 lúmens	8,0 W	0,432	Longa	Satisfatória
VSBP	183 lúmens	5,5 W	0,297	Longa	Má

Simbologia utilizada:

VM = lâmpada de vapor de mercúrio; **VSAP** = lâmpada de vapor de sódio de alta pressão; **VSBP** = lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão

É também preciso sensibilizar a opinião pública para os efeitos prejudiciais da poluição luminosa no céu nocturno, valorizando neste um valor mitológico, histórico e cultural a preservar. A geração actual já quase não reconhece as estrelas e constelações; se nada se fizer, a próxima geração pode ficar muito aquém disso. O céu nocturno é certamente um *Património da Humanidade* e uma das maiores maravilhas que podemos contemplar. É nosso dever preservar esse espectáculo, para nós e para as gerações futuras.

NOTA: Todas as fotografias e esquemas ilustrativos deste artigo foram produzidos pelo autor.



Guilherme de Almeida foi professor de Física e Química (até 2010) em cinco escolas secundárias e no Colégio Militar. Ensinou alunos de todos os níveis (8.º ao 12.º ano), principalmente 12.º ano. É autor de sete livros, nomeadamente “Sistema Internacional de Unidades”, “Roteiro do Céu”, “Telescópios” e “Galileu Galilei”, além

de mais de 80 artigos. Interessa-se pela divulgação das observações astronómicas e da Física.

Informação adicional - Livros

1. Guilherme de Almeida e Pedro Ré, “Observar o Céu Profundo”, Plátano Editora, 2.ª Edição, Lisboa (2003). Referência e sinopse em: <http://www.platanoeditora.pt/index.php?q=C/BOOKSSHOW/18>
1. Guilherme de Almeida, “Roteiro do Céu”, Plátano Editora, 5.ª Edição, Lisboa (2010). Referência e sinopse em: <http://www.platanoeditora.pt/index.php?q=C/BOOKSSHOW/17>
2. Bob Mizon, “Light Pollution, Responses and Remedies”, Springer Verlag London Limited, London (2002). Referência em: <http://www.amazon.com/Light-Pollution-Responses-Practical-Astronomy/dp/1852334975>
3. Informação adicional — Links informativos de artigos e websites relacionados
4. Association Nationale pour la Protection du Ciel Nocturne (ANPCN), <http://www.astrosurf.com/anpcn/>
5. Centro Português de Iluminação — Eficiência energética na iluminação pública: http://www.cpiluminacao.pt/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=47&Itemid=101&lang=pt
6. Guilherme de Almeida - Efeitos da poluição luminosa no espectáculo do céu nocturno: http://www.cpiluminacao.pt/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=61&Itemid=101&lang=pt
7. Instituto de Astrofísica de Canárias (IAC): <http://www.iac.es/servicios.php?op1=28&op2=69>
8. International Dark Sky Association (IDA): <http://www.darksky.org/>
9. Observatório Astronómico de Lisboa (OAL): http://www.oal.ul.pt/oobservatorio/vol3/n6/vol3n6_6.html
10. Tese de Phil Harrington, na perspectiva da economia de energia: <http://www.philharrington.net/thesis.pdf>

notícias

Aconteceu

Prémio Bragança Gil

O prémio Fernando Bragança Gil 2012 foi atribuído à dissertação intitulada “Sensores em fibra óptica baseados em interferometria e efeitos não-lineares”, apresentada em Dezembro de 2009 por Orlando José dos Reis Frazão (na foto), à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Segundo o Júri que realizou a selecção, “a tese revela um domínio significativo de técnicas experimentais em óptica.”



Física2012

António Luís Ferreira

Entre 6 e 8 de Setembro, a Universidade de Aveiro acolheu a realização da *Física2012*, integrando a 18ª Conferência Nacional de Física e o 22º Encontro Ibérico para o Ensino da Física. O evento contou com cerca de 325 participantes.

O programa da *Física2012* centrou-se na temática “Comunicação e Informação em Ciência”, comum à Conferência Nacional e ao Encontro Ibérico. Realizaram-se seis sessões plenárias:

- “Porquê comunicar Ciência? Como comunicar Ciência?” por Carlos Fiolhais;
- “O contributo dos Museus e Centros de Ciência na divulgação da ciência junto das populações”, por Rosalia Vargas;
- “O Acidente de Fukushima, um ano e meio depois”, por José Marques;
- “Observação de um novo bóson na pesquisa do Higgs no LHC”, por João Varela;
- “A Física da Música”, por Rui Vilão, contando com a participação do músico e guitarrista Paulo Vaz de Carvalho;
- “O Fim do Mundo”, por Rui Agostinho, palestra pública realizada no Centro de Congressos de Aveiro.

Trataram-se assim os temas mais importantes que nos últimos tempos foram notícia nos media e que colocaram em evidência a importância da Comunicação de Ciência para o grande público. A Conferência Nacional contou ainda com uma mesa redonda sobre a “Física para não Físicos”, uma sessão sobre “A Ciência, os Media e os Órgãos de Soberania” e ainda outras duas sessões sobre “A Física nas Ciências Médicas” e “A Física e o Empreendedorismo”, enquanto que o Encontro Ibérico contou com uma sessão sobre o Projeto “Casa das Ciências” da Fundação Calouste Gulbenkian.

Na *Física2012* deu-se especial relevo à apresentação de comunicações orais, quer no Workshop de Comunicações Científicas, com 33 comunicações, quer na sessão de Partilha de Experiências do Encontro Ibérico, que decorreu com três sessões em paralelo (Metodologias de Ensino, Recursos Didáticos e Divulgação e Comunicação), num total de 24 comunicações.

O formato adotado, de apresentações de dez minutos, permitiu um elevado número de comunicações orais, constituindo um animado e participado exercício de comunicação para os estudantes de mestrado e de doutoramento. A sessão de posters contou com 140 posters, que se dividiram em partes iguais pela Conferência e Encontro Ibérico. O Encontro Ibérico foi creditado pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua, integrando oito cursos de formação, muito concorridos, com uma participação total de 122 professores.

A adoção de um tema comum entre a Conferência Nacional e o Encontro Ibérico, bem como a proximidade entre auditórios, salas e laboratórios, permitiu ter sessões muito participadas. Apesar de



um programa muito preenchido e da intensa atividade a que foram submetidos os participantes e os membros da equipa de organização (em especial o secretariado), ainda houve tempo para um passeio pela Ria e uma visita ao património de Aveiro.

Mais detalhes sobre o programa e o livro de resumos podem ser encontrados em <http://www.spf.pt/fisica2012/index.html>

Acontece

Ano Internacional da Estatística

2013 é o Ano Internacional da Estatística. A Sociedade Portuguesa de Estatística (SPE) participa nesta iniciativa com informações disponíveis na página SPE: <http://www.spestatistica.pt/>

O Mundo na Escola leva “A Física no dia-a-dia” pelo país

Ana Maria Eiró*

Promovida por *O Mundo na Escola*, um programa do Ministério da Educação e Ciência, “A Física no dia-a-dia” está a percorrer escolas do país!

Criado com o objectivo de dinamizar ações culturais nas escolas, *O Mundo na Escola* pretende aproximar a população escolar das instituições e dos profissionais que trabalham no domínio das ciências, das artes e das letras. Tematicamente multifacetado, o programa incide, este primeiro ano, sobre Ciência e Tecnologia, levando a ciência às escolas e a escolas à ciência, valorizando e rentabilizando os melhores recursos, pondo-os ao serviço de mais pessoas, distribuindo-os de forma mais abrangente. Queremos pôr a ciência em movimento e, sobretudo, contribuir para o despertar do fascínio da ciência junto dos jovens.

Baseada na obra “A Física no dia-a-dia” de Rómulo de Carvalho, foi desenvolvida uma grande exposição no Pavilhão do Conhecimento que esteve patente ao público de Novembro de 2011 a Setembro de 2012. A importância desta obra e desta exposição, que utiliza com uma simplicidade surpreendente



objetos do quotidiano e nos ensina como a experimentação é essencial no processo científico, levou-nos a eleger a itinerância da Física no dia-a-dia como uma das principais atividades do programa. Mantendo a estrutura e o design da mostra original, desenvolvemos uma adaptação simplificada para permitir uma circulação fácil num grande número de escolas, selecionando e otimizando as experiências. Esta adaptação foi realizada pelos físicos Pedro Brogueira e Filipe Mendes, professores do Instituto Superior Técnico, que elaboraram também as respostas às questões que são a base da apresentação da exposição, e têm assegurado a formação dos professores das escolas por onde tem passado, bem como o apoio científico aos monitores que acompanham de uma forma permanente a exibição.

Logo desde a primeira mostra, na Escola EB2/3 Rainha Santa Isabel na Carreira (Leiria), inaugurada a 5 de Novembro de 2012 pela Secretária de Estado da Ciência, Prof. Leonor Parreira, que o resultado excedeu as expectativas. Com uma dinamização feita pela escola junto da população estudantil da zona e o apoio de instituições locais, foi possível em duas semanas receber 2019 visitantes, tendo representado decisivamente um grande evento na região.

O segundo ponto de paragem foi a Escola Maria Lamas em Torres Novas, seguindo-se o Agrupamento Vertical em Gavião, a Escola EB2/3 Prof. Mendes dos Remédios em Nisa, até à pausa do Natal, com um total de 5272 visitantes nas quatro mostras.

O facto de a exposição estar dentro da escola, de estar a ser possível obter por parte dos professores locais uma



* Professora Catedrática da FCUL, é actualmente directora de *O Mundo na Escola*, um programa do Ministério da Educação e Ciência para levar a ciência às escolas e as escolas à ciência

grande adesão, também consequência da formação de qualidade que tem sido ministrada, bem como da existência de uma dinamização feita pelos monitores, Rui Fonseca e Teresa Carvalho, que acompanham de forma permanente cada réplica, são algumas das razões deste sucesso. Mas, sobretudo, esta exposição que é feita para experimentar, para mexer e tornar a fazer, tem uma capacidade de sedução junto dos jovens que só a descoberta científica pode trazer.

No dia 14 de Janeiro a "A Física no dia-a-dia" inaugurou na Escola EB2/3 João Franco do Fundão, com a presença do Secretário de Estado do Ensino Básico e Secundário, Dr. João Grancho, e também uma segunda réplica na Escola de Santa Clara na Guarda, permanecendo em ambas até 25 de Janeiro. Como nas outras escolas, durante a mostra teremos uma atividade sobre a poesia de António Gedeão, realizada por Graça Brites, que é também responsável por toda a logística da itinerância e contacto com as escolas.

Continuando a itinerância, a 28 de Janeiro abriremos as portas na Escola EB2/3 de Penacova e na Escola Básica José Malhoa de Figueiró dos Vinhos, onde a exposição permanecerá até 8 de Fevereiro. Até ao final do ano lectivo teremos a exibição em mais 16 locais, num total previsto de 24 escolas visitadas.

Este programa é financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia e pela Agência Nacional Ciência Viva. Se estiver interessado em receber a exposição na sua escola, preencha o formulário de candidatura em www.mundonaescola.pt

Vai acontecer

Ano Internacional da Luz

Gonçalo Figueira

A UNESCO acolheu com entusiasmo a ideia de designar 2015 como Ano Internacional da Luz, dando seguimento à proposta apresentada pela Sociedade Europeia de Física (EPS) e pela Sociedade Africana de Física (AfPS), em representação de mais de 40 sociedades, academias e instituições.



Os objectivos da iniciativa 2015 - Ano Internacional da Luz são promover pública e politicamente o papel central que a luz desempenha no mundo moderno. Além de comemorar os aniversários de diversos marcos históricos que se celebram nesse ano, o projecto irá envolver aspectos da educação e do desenvolvimento, centrando-se especificamente na importância das ciências da luz para a melhoria da qualidade de vida, quer nos países desenvolvidos, quer nas economias emergentes.

O apoio da UNESCO é essencial para o sucesso do próximo passo: a apresentação de uma resolução perante as Nações Unidas, que é o órgão competente para a declaração de celebrações internacionais.

No website da EPS pode ser descarregado o prospecto do Ano Internacional da Luz:

http://www.eps.org/?page=event_ijol

Dia Internacional da Física Médica

Rita Figueira

Com o objectivo de promover a visibilidade e o estatuto profissional dos Físicos Médicos, a International Organization for Medical Physics (IOMP) tomou a iniciativa de promover o Dia Internacional da Física Médica, que se comemorará pela primeira vez este ano. A data escolhida foi o dia 7 de Novembro, dia em que, em 1867, nasceu Marie Sklodowska-Curie. As suas pesquisas e trabalho na área da radioactividade estiveram na base de importantes aplicações médicas, pelo que esta é uma data importante na história da Física Médica.

A Divisão de Física Médica da SPF irá associar-se a esta comemoração internacional, promovendo nesse dia várias iniciativas de divulgação desta área da Física, ainda pouco conhecida no nosso país. A informação sobre estas iniciativas irá sendo disponibilizada no site da divisão: <http://dfm.spf.pt>

Conferências

RIAO e ETOP

No próximo mês de Julho, Portugal e a cidade do Porto serão palco de duas grandes conferências internacionais no domínio da óptica, a decorrer em paralelo:

- RIAO-OPTILAS 2013, congregando a VIII Iberoamerican Conference on Optics e a XI Latiname-

rican meeting on Optics, Lasers and Applications, organizado pela Sociedade Portuguesa de Óptica e Fotónica (SPOF)

- 12th Education and Training in Optics and Photonics Conference, ETOP'2013, organizada em conjunto pelos comités territoriais português (SPOF) e tunisino (STO) da International Commission for Optics (ICO).

O primeiro Encontro Ibero-americano de Óptica (RIAO) teve lugar em Espanha, em 1992. Ao longo dos anos, organizado em conjunto com o Encontro Latino-americano de Óptica, Lasers e suas Aplicações (OPTILAS), a conferência RIAO/OPTILAS tem vindo a estabelecer-se como um dos maiores encontros de óptica e fotónica na Ibero-América. Há muito que se tornou um encontro de referência para os investigadores destas regiões, como forma de promover a importância de contribuição ibero-americana para o desenvolvimento da óptica e da fotónica.

A ETOP é uma conferência de referência bienal que reúne a comunidade internacional de educadores em óptica e fotónica, a academia e a indústria, com o objectivo de partilhar experiências e informações sobre ensino e aprendizagem nestas disciplinas em todos os níveis.

Os encontros decorrerão entre 22 e 26 de Julho (RIAO) e 23 e 26 de Julho (ETOP), na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. A data limite para aceitação de trabalhos é 25 de Fevereiro.

<http://www.riaoptilas2013.org>
<http://www.optica.pt/etop2013/>

6ª Conferência Internacional sobre Física Nuclear em Astrofísica, Lisboa

A 6ª Conferência Internacional sobre Física Nuclear em Astrofísica – NPA-VI corresponde à 26ª Conferência da Divisão de Física Nuclear da Sociedade Europeia de Física. A série de conferências sobre Física Nuclear em Astrofísica começou em 2002 no laboratório ATOMKI, Hungria, e desde aí tem conseguido com muito sucesso juntar cientistas das áreas de Física Nuclear e de Astrofísica para reverem e discutirem o estado actual e os planos futuros da Astrofísica Nuclear. A 6ª edição, que se realizará em Lisboa de 19 a 24 de Maio de 2013, continuará dentro desta linha.

A organização da NPA-VI agrega cientistas dos campos da Física Nuclear, Astrofísica e Astronomia e tem o apoio de várias instituições: Universidade de

Lisboa – Centro de Física Nuclear, Centro de Astronomia e Astrofísica e Laboratório de Sistemas, Instrumentação e Modelação em Ciência e Tecnologia para o Espaço e Ambiente; Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia; Universidade de Coimbra; Sociedade Portuguesa de Física; Sociedade Portuguesa de Astronomia; e Sociedade Europeia de Física.

npa6.cii.fc.ul.pt

ICPE-EPEC 2013, Praga

O objetivo da Conferência Internacional sobre Educação em Física (International Conference on Physics Education) ICPE 2013 é reunir pessoas que trabalham na investigação em ensino da física e em educação em todos os níveis de aprendizagem a nível mundial, para que possam partilhar e trocar experiências.

A conferência terá lugar em Praga, República Checa, entre 5 e 9 de Agosto de 2013. O tema geral será: Aprendizagem activa - num mundo em mudança, de novas tecnologias.

A conferência é organizada pela Comissão Internacional sobre Educação em Física (Comissão C14 da IUPAP C14), a Divisão de Educação da EPS (EPS PED), e pela Faculdade de Matemática e Física, Universidade Carolina de Praga.

www.icpe2013.org

18º Workshop MPTL'18, Madrid

Esta Conferência Internacional sobre Multimédia no Ensino e na Aprendizagem da Física - MPTL'18 - é um fórum anual para troca de informações e idéias sobre o uso de recursos multimédia no ensino e aprendizagem da física. Esta será a décima oitava edição desta série de workshops, e terá lugar em Madrid, entre 11 e 13 de Setembro de 2013.

mptl18.dia.uned.es/mptl18/

Tempmeko 2013, Funchal

O simpósio internacional sobre a temperatura e as medições na Indústria e em Ciência, Tempmeko 2013, terá lugar no Funchal, de 14 a 18 de Outubro deste ano. É organizado pela Sociedade Portuguesa de Metrologia, RELACRE (rede dos laboratórios acreditados em Portugal) e o IMEKO (Confederação Internacional sobre Medições). Os temas principais são “Aspectos fundamentais e padrões”, “Métodos e sensores”, “Propriedades termofísicas e Materiais de referência padrões”, “Rastreabilidade e Disseminação” e “Aplicações da Temperatura, Humidade e Medidas térmicas”. A submissão dos resumos é até 28 de Fevereiro.

<http://www.tempmeko2013.pt/>

Determinação do Valor da Aceleração da Gravidade

Albino Pinto¹ e Carlos Saraiva²

1. Agrupamento de Escolas da Lixa
2. Agrupamento de Escolas de Trancoso, Trancoso

albinorafael@sapo.pt

carlos.saraiva1@gmail.com

Medir bem com menos custos

No programa de Física do 11º ano os autores propõem uma atividade prático-laboratorial (AL 1.1) para que os alunos determinem o “valor da aceleração da gravidade” [1]. Esta atividade pode ser feita com equipamento em que se usam células fotoelétricas e um digitímetro (cronómetro digital). Os manuais adotados no nosso ensino, apresentam diversas montagens para realizar esta atividade [2 a 8]. Um processo usa uma esfera que está suspensa num eletroímã. Ao acionar o interruptor a esfera é largada e ao mesmo tempo o digitímetro começa a marcar o tempo. Quando a esfera passa pela célula fotoelétrica o digitímetro pára. Também se podem usar duas células para medir o tempo (fig.1). Há também equipamentos em que a esfera bate num suporte que tem um interruptor e que faz parar o cronómetro digital (fig 2).

Medindo a altura com uma fita métrica e sabendo o tempo, o valor da aceleração determina-se através

da fórmula: $y = \frac{1}{2}gt^2$

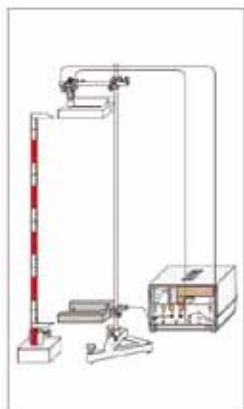


Fig. 1 - Equipamento da Leybold.

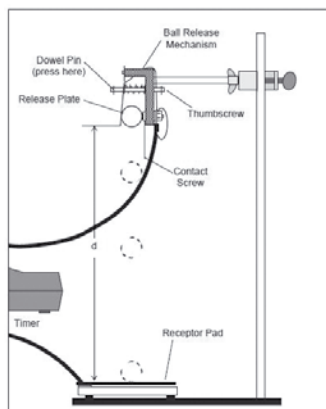


Fig. 2 - Equipamento da Pasco.

O ideal seria haver material nas escolas em quantidade suficiente para a determinação do valor da aceleração gravítica ser realizada nas aulas em que a turma está desdobrada. Mas, muitas vezes isso não acontece, já que o preço destes equipamentos faz com que as atividades não sejam realizadas ou então sejam substituídas por demonstrações em que os professores usam os equipamentos e os alunos observam.

Na literatura há vários artigos em que se explica como se pode determinar o valor da aceleração gravítica usando outros processos mais baratos [9 a 14]. Muitos destes processos utilizam um software de edição de som ligado a um microfone para captar o som provocado pelo choque de corpos e medir intervalos de tempo. No entanto, se tentarmos fazer isto numa sala o “ruído” que existe vai ser captado o que é uma fonte de erros muito difícil de evitar.

Neste trabalho, vamos explicar como é possível determinar o valor da aceleração da gravidade de forma inovadora usando apenas duas bobinas, uma ficha áudio, um ímã de neodímio, ferro e boro, um computador com placa de som e um software de edição de som (*audacity*) que é livre e fácil de utilizar [15]. O método por nós usado evita que o “ruído” exterior interfira na medida do tempo.

Pedimos orçamentos às empresas que vendem os equipamentos que se usam para determinar o valor da aceleração da gravidade e os valores podem variar entre 800 a 2500 euros por grupo! Esta técnica que propomos tem a vantagem de ser muito barata. Apenas é necessário comprar um ímã que custa aproximadamente 7 euros e alguma habilidade para construir os suportes. Este tipo de ímanes pode ser comprado nas empresas que vendem material didático ou através da Internet e também pode ser usado quando se leciona a indução eletromagnética. Também se podem construir vários conjuntos para que os alunos trabalhem em grupo sem estarem limitados ao número de equipamentos

necessários e mesmo os alunos podem construir em suas casas um sistema destes e determinar o valor da aceleração da gravidade.

Procedimento

Fizemos duas bobinas com fio de cobre que se usa em aparelhos eléctricos. Este fio tem uma camada exterior de esmalte, mas também se pode usar um simples fio com isolamento de plástico. A bobina colocada em cima tinha diâmetro suficiente para que o íman a possa atravessar. Esta bobina usada por nós tinha um diâmetro de aproximadamente 5 cm e 30 espiras. A bobina de baixo tinha um diâmetro maior. Esta opção justifica-se porque o íman, ao ser largado no interior da primeira bobina, vai cair na vertical, e como tem de atravessar a bobina de baixo, devemos aumentar o diâmetro desta para não se correr o risco de o íman bater nela. Como as placas de som dos computadores não podem suportar tensões superiores a 1 V, para a sua protecção é conveniente que a bobina de baixo tenha um diâmetro maior e menos espiras para proteger a placa de som. Deste modo, a tensão produzida é muito pequena. A bobina de baixo que usámos tinha um diâmetro de aproximadamente 8 cm e 20 espiras. O íman de neodímio, ferro e boro que foi usado tinha uma forma cilíndrica de altura 1 cm e o diâmetro da base era de aproximadamente 2 cm.

Depois de construir as bobinas arranjámos suportes de madeira para as fixar, mas antes tivemos o cuidado de usar um fio com uma massa na sua extremidade inferior para servir de prumo. Isto permite que o centro das bobinas fique ao longo da mesma linha vertical, para que o íman passe no interior de ambas, e também se torna prático usar o fio para medir a distância entre elas. Para proteger o íman do impacto com o solo, colocámos por baixo da bobina inferior uma caixa plástica com areia. Ambas as bobinas foram ligadas ao computador pela entrada do microfone (Figura 3). Para isso, usámos uma ficha macho áudio (*jack* de 3,5 mm) que pode ser reaproveitada de umas colunas de computador ou de um microfone que estejam avariados (Figura 4). Este tipo de fichas também podem ser compradas e são muito baratas.

O software *audacity* é um programa de edição de som. É geralmente usado ao ligar um microfone ao computador. A membrana do microfone vibra quando recebe uma onda

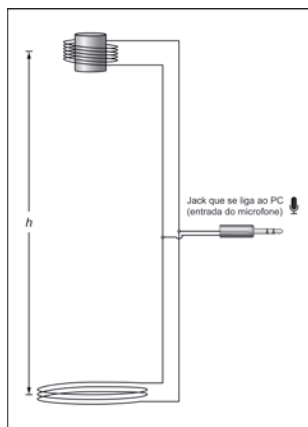


Fig. 3 - Esquema do dispositivo.



Fig. 4 - Ficha áudio (jack de 3,5 mm).

sonora. No seu interior existe uma bobina ligada à membrana que está montada num circuito com um íman que se encontra fixo. A oscilação da membrana faz variar o fluxo do campo magnético e cria uma corrente induzida que depois é convertida num sinal que pode ser gravado pelo *audacity*. Na Figura 5 vê-se a montagem do equipamento.



Fig. 5 - Montagem do equipamento.

Em vez do microfone podemos criar uma corrente induzida, variando o fluxo do campo magnético, através do movimento do íman no interior da bobina. Na realidade, o íman ao passar pela bobina cria uma corrente induzida que vai ser detetada pela placa de som e convertida num sinal que o *audacity* regista. Isto permite que se possam usar as duas bobinas, em que ambas vão criar um sinal que pode ser detetado pela placa de som. O software permite medir o tempo com uma resolução de milissegundos. Apenas é necessário clicar no botão “Gravar” antes de largar o íman, e depois da queda clicar em “Parar”.

Resultados

Ao largar o íman no interior da primeira bobina, podemos considerar a velocidade inicial nula. Quando começa o seu movimento, é criada uma corrente eléctrica que se traduz no aparecimento de um sinal (curva) no monitor do computador. Esse instante deve ser registado como o início do tempo de queda (Figura 6). Mas quando o íman passa na bobina inferior, o tempo registado deve ser o “meio” do sinal (Figura 7). Usando o *zoom* do programa, podemos medir com facilidade o tempo de queda, que corresponde ao intervalo entre os dois sinais. No nosso caso, a distância entre as bobinas era de 2 metros e os tempos registados foram:

$t_i = 0,864$ s (Figura 6) e $t_f = 1,500$ s (Figura 7). Para registar o tempo basta clicar em cima do gráfico. Fazendo os cálculos obtivemos: $\Delta t = 0,636$ s ($\Delta t^2 = 0,4044$ s), logo $g = 2y/t^2 = 9,891$ ms⁻². O valor obtido é mais exato do que os que habitualmente se obtêm usando células fotoelétricas e um digitímetro. Calculando o erro percentual em relação ao valor habitualmente usado (9,8 ms⁻²), verifica-se que este é inferior a 1%.

Este método que propomos, além da vantagem dos custos de equipamento, tem também a vantagem de usar um “sensor” que pode ser explorado pelos professores quando se lecciona a indução electro-magnética e deste modo relacionar a mecânica com o eletromagnetismo. O único cuidado que devemos ter é não aproximar o íman de equipamentos eletrónicos, porque o campo magnético que eles criam é muito intenso.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao colega António José Ferreira pelas suas sugestões críticas e também ao colega Luís Osório pela fotografia da montagem do equipamento.



Fig. 6 - Tempo inicial.

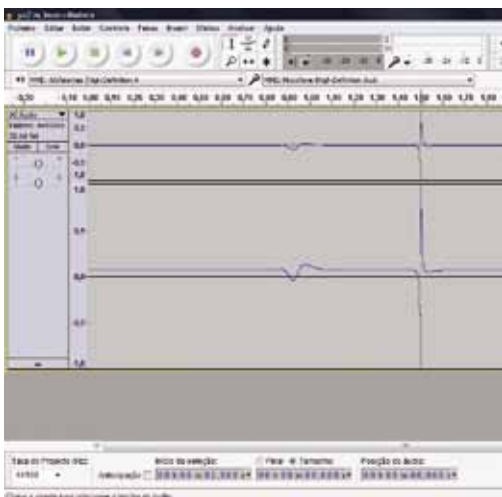


Fig. 7 - Tempo final.



Albino Rafael Mesquita Pinto é professor no Agrupamento de Escolas da Lixa, Licenciado em Física e Mestre em Física - Formação Contínua de Professores. Desenvolve simulações utilizando ferramentas computacionais de acesso gratuito. É autor do blog: <http://fisicanalixa.blogspot.com/>. Também gosta de meter as “mãos na massa”.



Carlos Alberto Alexandre Saraiva é Licenciado em Física pela Universidade de Coimbra, Mestre em Ensino de Física e Química pela Universidade de Aveiro e professor no Agrupamento de Escolas de Trancoso. Gosta de construir demonstrações com materiais do dia-a-dia para motivar os alunos. É autor de vários artigos publicados na *Gazeta de Física*, *The Physics Teacher* e *Physics Education*.

Referências

1. Helena Caldeira e Isabel Martins (coordenadoras), “Programa de Física e Química A (11º ano)”, Ministério da Educação, Departamento do ensino secundário (Março de 2003).
2. Adelaide Bello e Helena Caldeira, “Ontem e Hoje, Física 11º ano”, Porto Editora.
3. Graça Ventura, Manuel Fiolhais, Carlos Fiolhais, João Paiva e António Ferreira, “11F, Física 11º ano”, Texto Editores.
4. M. Margarida Rodrigues e Fernando Dias, “Física na Nossa Vida, Física 11º ano”, Porto Editora.
5. António Silva, Cláudia Simões, Fernanda Resende e Manuela Ribeiro “Física 11, Física 11º ano”, Areal Editores.
6. Daniel Silva, “Desafios da Física, Física 11º ano”, Lisboa Editora.
7. Alexandre Costa, Augusto Moisão e Francisco Caeiro, “Novo Ver +, Física 11º ano”, Plátano Editora.
8. Rita Carriche e Teresa Veladas, “Energia em Movimento, Física 11º ano”, Santillana, Constância.
9. S Ganci, “Measurement of g by means of the ‘improper’ use of sound card software: a multipurpose experiment”, *Physics Education* 43, 297-300, (Maio 2008).
10. Alessio Ganci e Salvatore Ganci, “A Measure of g : in Search of Simplicity”, *Physics Education* 45(3), 223-224 (Maio 2010).
11. J. A. White, A. Medina, F. L. Román e S. Velasco, “A Measure of g Listening to Falling Balls”, *The Physics Teacher* 45(3), 175-177 (Março 2007).
12. M. B. Hunt and K. Dingley, “Use of the Sound Card for Datalogging”, *Physics Education* 37, 251-253 (Maio 2002).
13. James L. Hunt, “Five Quantitative Physics Experiments (Almost) Without Special Apparatus”, *The Physics Teacher* 43(7), 412-416 (Out. 2005).
14. Jucimar Peruzzo, “Determinação de g Através da Captação do Som de Impacto de Corpos com o Solo”, *Cad. Bras. Ens. Fís.* 27(1) 159-169 (Abril 2010).
15. *Audacity* (software livre de gravação e edição de som) disponível em: <http://audacity.sourceforge.net/>

Entrevista

João Carlos Ferreira de Lima

Diretor de Comunicação e Assuntos Institucionais da Galp Energia

Qual é o cenário para o futuro da produção da energia a que a Galp Energia dá prioridade neste momento, e porque razões?

A Galp Energia quando formula as suas opções estratégicas, fá-lo à luz do enquadramento económico, em geral, e do enquadramento energético em particular. Daí decorrem as suas escolhas e o seu desenvolvimento subsequente.

Quando se analisam os cenários de longo prazo (20–25 anos) para o sector energético, verifica-se que de um modo geral as entidades (empresas, organismos públicos, ONG's, universidades, etc.) que refletem sobre o futuro são praticamente unânimes sobre a estrutura da procura de energia: predominância dos combustíveis fósseis (petróleo, gás e carvão) no *mix* energético, representando mais de 80% do total; dependendo dos cenários, os três combustíveis fósseis deverão em média apresentar percentagens muito próximas, entre 25% e 30% para cada um deles; as energias renováveis terão importância crescente, sobretudo na satisfação do acréscimo da procura futura, mas mantém-se claramente minoritárias; importância crescente dos biocombustíveis, podendo atingir em 2030 cerca de 10% dos combustíveis utilizados nos transportes.

A par destas tendências no sistema físico do setor, prevê-se também que os preços das formas de energia sejam tendencialmente crescentes: custos marginais tendencialmente crescentes (também aqui funciona a lei dos rendimentos decrescentes), independentemente de factores geopolíticos



fundação
galp energia

poderem ampliar o efeito económico.

A Galp Energia, para além de na sua visão se assumir como uma empresa integrada de energia, tem no seu ADN o petróleo e o gás, em todos os elos da respectiva cadeia de valor. Claro que é neste referencial que a Galp Energia estabelece os seus objetivos estratégicos e procura a consecução dos mesmos. Acontece que os graus de maturidade dos mercados nos diversos segmentos da cadeia de valor são diferentes, como diferentes são os sistemas de restrições que condicionam o desenvolvimento da atividade. Também os vetores de crescimento e de oportunidade de criação de valor estão hoje deslocados para as ativi-

des mais a montante da cadeia de valor, isto é, nas atividades de exploração e produção de hidrocarbonetos, em geografias onde a Galp pode oferecer diferenciação positiva.

A opção pelos biocombustíveis explica-se pela complementaridade e afinidade com o nosso sistema de transformação de energia primária em energia final através da produção de combustíveis para uso final, dentro do princípio da rentabilização das atividades de *downstream* (refinação e distribuição).

São estas condições, associadas a competências específicas, que determinam que a Galp Energia, sendo uma empresa integrada, privilegie opções de maior envolvimento na procura, exploração e produção de hidrocarbonetos, em geografias onde



usufrui de vantagens diferenciadoras. Dentro do princípio do equilíbrio risco/rentabilidade do portfólio, são estas opções que perspectivam as melhores oportunidades de crescimento e criação de valor para os seus *stakeholders*.

Nesse quadro, como gere a Galp Energia os projetos de investigação e desenvolvimento que promove neste momento, e com que objetivos?

A Galp Energia tem desenvolvido uma estratégia de I&D e de inovação baseada numa cooperação com o Sistema Científico e Tecnológico (SCT) que consiste numa rede de parcerias ágil e em permanente desenvolvimento de competências partilhadas. Os três eixos dominantes da estratégia de I&D e inovação são a promoção de laços mais estreitos com o SCT, assim como com os clientes; a diferenciação nos mercados em que atuamos através da criação de novos serviços que vão ao encontro das necessidades e expectativas dos clientes; e a participação ativa no desenvolvimento de políticas setoriais que servirão de base ao desenvolvimento futuro do setor energético.

Assim, desenvolvemos, através da nossa Academia, um programa de formação avançada e de investigação conjunta no setor da Exploração & Produção de hidrocarbonetos em águas profundas com a Petrobras. O primeiro resultado desta iniciativa é o GeoER, um programa de formação avançada em Geoengenharia de Reservatórios Carbonatados que, além da Petrobras, conta com a Universidade

de Aveiro, Instituto Superior Técnico, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e as universidades brasileiras UNICAMP e UNESP.

Desenvolvemos ainda o programa EngIQ, um programa doutoral e de formação avançada em Refinação e Petroquímica, no âmbito do qual estão em curso 11 doutoramentos em meio empresarial que têm por objetivo criar soluções inovadoras e tecnologicamente competitivas para o aparelho refinador da Galp Energia. É uma iniciativa em parceria com cinco universidades portuguesas: Aveiro, IST, Faculdade de Ciências de Lisboa, Universidade de Coimbra e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Ainda na refinação, instalámos uma unidade-piloto laboratorial de *hydrocracking* na Refinaria de Sines, que permite simular com rigor todo o processo de hidrocrackeamento da referida unidade industrial.

Lançámos o projeto Smart Galp, do qual iniciámos o projeto-piloto, com a instalação do sistema de medição inteligente trifuel em 120 casas da região de Lisboa e o lançamento do interface *web* para o utilizador em 2013. Em casa ou no carro, o projeto baseia-se num sistema integrado de equipamentos inteligentes, com soluções indutoras de mudanças comportamentais para a poupança de energia, a modelação mais eficiente dos consumos de energia. É uma parceria com a PME tecnológica ISA, a empresa Logica e o MIT-Portugal.

Ainda no âmbito da eficiência energética, temos vindo a dinamizar cada vez mais o programa Galp 20-20-20. É o maior programa nacional de bolsas para a investigação aplicada em eficiência energética, em cooperação com o



IST, a UA e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Desde 2007, foram já desenvolvidos mais de cem projetos de eficiência energética no tecido empresarial e público português.

Enfim, na área dos biocombustíveis, celebrámos com o Instituto Superior de Agronomia (ISA), a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), o Instituto Politécnico de Portalegre (IPP) e as empresas VICORT e Domingos Reynolds de Sousa protocolos de investigação para o desenvolvimento de processos de colheita, extração, produção e otimização de óleo de *jatropha* para biodiesel gerado pelas explorações da Galp Energia em Moçambique.

São apenas alguns exemplos de uma integração que pretendemos cada vez mais plena com a comunidade científica nacional.

Que impacto económico e financeiro é expectável decorrer desses projetos?

Todos estes projetos encontram-se alicerçados e visam contribuir para melhorias efetivas de processos que, se forem bem-sucedidos, mesmo que parcialmente, têm um retorno potencial que pode atingir muitos milhões de euros. Um exemplo: se aumentarmos em um ponto percentual a taxa do petróleo recuperável numa jazida com reservas estimadas em 8 mil milhões de barris de crude, isso representa 80 milhões de barris adicionais. Ora, a \$100 por barril, estamos a falar em 8 mil milhões de dólares...

Qual o papel da Fundação GALP Energia nestes esforços?

A Fundação Galp Energia foi criada em 2009 com o objetivo de aprofundar a intervenção do Grupo Galp Energia em matérias de Cidadania, Mecenato e Responsabilidade Social. A sua ação, no apoio ao desenvolvimento e no serviço à comunidade, tem-se centrado nas áreas da Sociedade, do Ambiente, da Energia e do Conhecimento e Cultura e é nes-

tes eixos que tem vindo a desenvolver as suas atividades, diretamente e em parcerias com diversas entidades.

Porque é importante para a Fundação GALP Energia estabelecer parcerias com instituições de natureza científica e de promoção da ciência, como a SPF?

A Fundação Galp Energia privilegia o Conhecimento como forma de desenvolvimento de uma comunidade esclarecida, justa e capaz de alcançar melhores níveis de progresso e qualidade de vida. A ligação a instituições que desenvolvem o seu trabalho nesse domínio tem vindo a ocorrer, predominantemente por intermédio Academia Galp Energia, resultando numa relação natural e incontornável. Aquilo que se procura é estabelecer parcerias sólidas e engajadas com a comunidade científica, no sentido de fomentar as condições para um ambiente de excelência para os estudantes, cientistas e investigadores.

A Ciência, um dos pilares fundamentais do progresso das comunidades, merece, portanto, uma atenção cuidada e privilegiada no contexto da atuação da Galp Energia, a qual vem apoiando abordagens sustentáveis e investigação científica em diferentes níveis e no âmbito de programas dirigidos a diferentes *targets*. Neste contexto a associação da Fundação à Sociedade Portuguesa de Física e o lançamento do concurso “Mais Energia” foi uma das formas encontradas para premiar a excelência académica, quer do lado dos alunos e investigadores, quer do lado dos professores.

Que outras parcerias têm em curso com, por exemplo, Universidades e Centros de Investigação?

Para além das referidas, nenhuma, mas a Fundação Galp Energia não enjeita a análise de novas parcerias com a comunidade científica.

Heliografia extrema

Horácio Fernandes

Resumo

Uma actividade experimental para a compreensão da importância da refletância (cor) das superfícies na eficiência solar térmica de edifícios ou painéis solares.

Introdução

Numa sociedade cada vez mais sensível aos aspectos ecológicos e utilizadora de recursos energéticos renováveis, importa educar no sentido de permitir aos futuros cidadãos fazer opções correctas do ponto de vista da escolha dos equipamentos de energias renováveis. Em particular, importa sensibilizar os alunos para a potência solar disponível e os diversos efeitos que condicionam a sua coleção.

Por outro lado, grande parte da fenomenologia climática e a sua influência na variabilidade térmica da terra pode ter a sua compreensão facilitada após esta atividade, em particular o albedo da terra, levando ao entendimento do mesmo enquanto razão entre a radiação refletida e incidente na Terra. Com efeito, a Terra reenvia para o espaço entre 30% e 40% da radiação recebida, sobretudo devido aos fenómenos atmosféricos e à existência de desertos de cor clara (incluindo de gelo).

O objetivo da actividade experimental aqui detalhada é medir indiretamente a refletância dum objeto em função da sua cor, representada por uma graduação de cinzentos entre 0 e 100%.

Material experimental

- 1 Espelho concavo de 20 a 40 cm de distância focal e aproximadamente 15 cm de diâmetro (por exemplo, espelho de aumento).
- 1 Folha impressa com gradação de cinzentos (a laser de preferência).
- 1 bancada ótica ou suporte adequado para o alvo e espelho
- 1 Cronómetro.

Protocolo experimental

Preparação da experiência

Previamente à execução da experiência, imprime-se vários quadrados numa folha de papel branco comum, preenchidos por uma cor uniforme cinzenta em níveis graduais de 20% de intensidade tal como na Figura 1. Estes podem ser obtidos através de qualquer programa de edição e manipulação de imagem como o MSPaint ou o Gimp. Para o efeito, selecciona-se a ferramenta de preenchimento (balde a verter), sendo escolhida previamente a cor através do menu de definição de cor personalizada. Para se obter os vários níveis de cinza selecciona-se intensidades idênticas nos canais RGB dividindo a escala uniformemente em degraus proporcionais entre si. Por exemplo, $256 \times 0,2 - 1 = 50$ dará o primeiro nível de cinzento colocando cada um dos canais Vermelho = Verde = Azul = 50, enquanto $256 \times 1,0 - 1 = 255$ equivale ao branco absoluto. Deve-se utilizar imagens obtidas através duma impressora laser de boa qualidade ou outra impressora que não gere impressões de elevado brilho, devendo utilizar-se papel branco corrente ou mate.

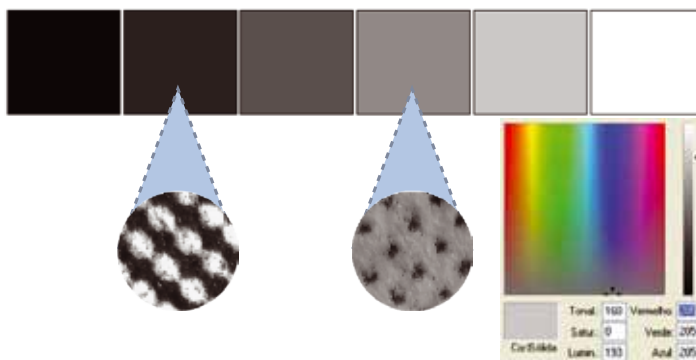


Fig. 1 - Graduação de cinzento do alvo numa variação de 20% por imagem. Esta figura pode ser criada no MSPaint pelos alunos, definindo a cor no painel de seleção RGB em "Cores Personalizadas" com valores idênticos nas suas 3 componentes (Vermelho, Verde, Azul) Nos níveis de 40% e 80% é mostrada uma ampliação ótica por 50x da imagem impressa revelando a microestrutura da cor.

Na figura pode ser observada a ampliação do resultado obtido. Na realidade a cor não é uniforme, mas corresponde a uma rede de pontos negros mais ou menos espaçados pela área branca do papel. Este é o resultado que se pretende efectivamente, pois a reflectância corresponderá directamente ao rácio (área branca)/(área negra). Note-se que este valor poderá ser obtido mais exactamente pela análise da imagem ao microscópio ou à lupa numa outra atividade laboratorial, medindo com o recurso a um programa de manuseamento de imagem o valor exato dessas áreas, onde um valor da reflectância próximo de um corresponde ao branco absoluto.

Execução experimental

Em frente a uma janela exposta ao Sol coloca-se no parapeito da mesma o espelho alinhado perpendicularmente aos raios solares. Procurar-se o foco deslocando para o efeito uma folha em frente do mesmo aproximadamente à sua distância focal.

Nunca utilizar a mão ou outra parte do corpo porque poderão advir queimaduras graves mesmo se expostas num espaço curto de tempo. É igualmente aconselhável fazer a experiência com óculos escuros para poupar a retina.

Ter em atenção que a imagem do Sol não será pontual devido à qualidade do espelho, mas gerará uma imagem de poucos milímetros quadrados. Esta deverá estar francamente contida nos quadrados impressos.

Estabelecida esta distância do espelho ao alvo, fixa-se o espelho e substitui-se o alvo pelas imagens respectivas em termos de níveis de cinza, começando pelo negro absoluto. Note que o branco nunca é absoluto no papel reciclado.

Assim que se orienta a luz do foco para a imagem dá-se início à contagem do tempo até se provocar o incêndio local do papel. Regista-se o tempo e extingue-se de imediato a chama. Convém obter cinco a dez contagens de tempo por imagem para ser determinado o erro experimental com algum rigor.

De seguida transpõe-se a tabela obtida para um gráfico (tempo vs. nível de cinzento), marcando o grupo de valores para cada imagem. Procura-se finalmente ajustar a melhor função através dum regressão de modo a minimizar o desvio.

Discussão

A presente actividade experimental permite inferir dum forma motivadora e assombrosa a importância da cor na absorção da radiação solar; com efeito, a experiência permite graduar o albedo da superfície do papel em função do tempo de ignição do mesmo; desde logo, permite inferir que o branco é um refletor quase perfeito uma vez que o papel quase nunca se incendeia e, por outro lado, o preto absoluto ignita quase instantaneamente, demonstrando a rápida absorção da energia disponível e a potência em jogo na radiação solar.

A actividade complementa-se matematicamente pelo ajuste

duma função adequada à evolução do tempo de ignição em função do nível de cinzento, onde a discussão sobre o erro experimental surge dum forma muito natural e óbvia. Efectuando uma regressão linear sobre os dados experimentais, pode-se concluir que o melhor ajuste não será uma reta. Com efeito, o processo de ignição deriva dum sistema complexo de equilíbrio dinâmico entre o calor recebido por radiação e o radiado, mas igualmente influenciado pela convecção do ar na proximidade do ponto de incidência. Contudo a experiência permite evidenciar dum forma clara a forte dependência da ignição (proporcional ao calor efetivamente depositado no papel) com o nível de cinzento (Figura 2).

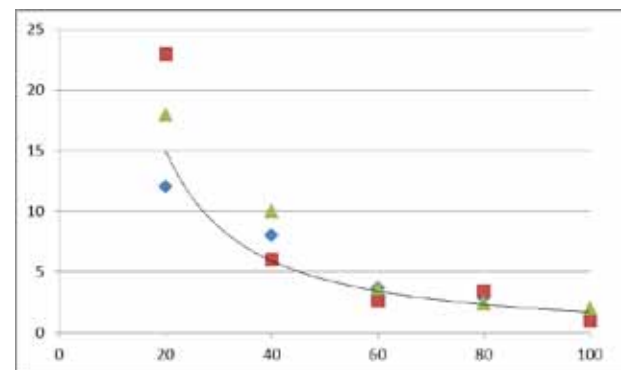


Fig. 2 - Dependência do tempo de ignição em função do nível de cinzento da imagem.



Como funciona um moinho?

Constança Providência

Material

- dois garrafões de água vazios e tampas
- paus para espetadas
- rolhas
- palitos
- tesoura e papel

Moinhos e azenhas

Os moinhos foram usados desde a antiguidade para fazer farinha do grão dos cereais. Os romanos e os árabes introduziram em Portugal os moinhos que tiram partido do movimento do ar e da água para acionar o seu mecanismo. Já viste algum moinho em funcionamento? Conheces o mecanismo que põe as mós em movimento?

Vamos fazer duas montagens simples para entenderes o funcionamento de um moinho. Há moinhos de vento e moinhos da água. Os moinhos de água podem funcionar com uma roda de pás horizontal, é o caso dos rodízios, ou vertical, é o caso das azenhas. Para construir o modelo de um moinho de vento e de um moinho de água de roda vertical pre-

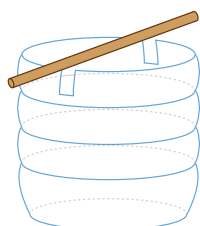


Fig. 1 - Corta o topo do garrafão e faz duas fendas no bordo em lados opostos

cisas de paus de espetadas, rolhas, garrafões de plástico vazios e respetivas tampas, papel e tesoura.

Corta o topo de dois garrafões e faz duas ranhuras em lados opostos no bordo do garrafão cortado, conforme a Figura 1. Aí irás apoiar um pau de espetada de modo que ele possa rodar com facilidade. Será colocado em movimento ou pelo vento ou pela água.

Para o moinho de água pede a um adulto que atravesse uma rolha de cortiça com um pau de espetada, ao longo do seu eixo, e faça 4 a 5 cortes longitudinais na rolha. Utiliza o plástico do topo das garrafões de plástico para cortar 4 ou



Fig. 2 - Roda do moinho de cortiça com pás de plástico

5 pequenos retângulos, conforme o número de fendas na rolha. Encaixa-os nas fendas da rolha (Figura 2): vão servir de pás da roda do moinho. Apoia o eixo com a rolha sobre



Fig. 3 - Modelo de moinho de água com entrosga (1), carreto (2) e mó (3): vista de frente e lateral. Se quiseres colocar a roda em movimento desencanaixa o carreto para não se estragar.

as fendas que cortaste no garrafão. Tens a roda da tua azenha preparada para funcionar! Usa uma garrafa pequena para deitares água sobre as pás e observa em que sentido rodam. Para evitar que a rolha toque nos bordos do garrafão podes enfiar duas rodela de cortiça, uma de cada lado da roda (Figura 3).

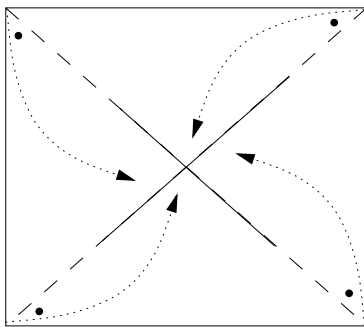


Fig. 4 - Modelo de vela. Corta pelo tracejado. Enfia o espeto no centro e nas quatro extremidades com uma pinta preta.

Para o moinho de vento, terás de preparar uma vela: corta um quadrado de uma folha de papel A5. Dobra o quadrado pelas diagonais e com uma tesoura dá golpes, até um quarto das diagonais a partir dos vértices, obtendo oito pontas (Figura 4). Espeta um pau de espetada pelo centro do quadrado e enfia no mesmo pau quatro pontas alternadas. Com duas rodela de cortiça enfiadas em ambas as extre-



Fig. 5 - Modelo de moinho de vento: com tampa à esquerda e modelo de entrosga à direita

midades do pau, pressiona as quatro pontas contra o centro do quadrado: tens a tua vela construída. Enfia uma tampa de garrafão no pau, em substituição da entrosga, e apoia o pau com a vela nas ranhuras de um garrafão de água cortado, ficando a vela fora do garrafão e a tampa no espaço entre as ranhuras (Figura 5). Sopra na vela e observa o que acontece! Tens o teu moinho pronto para colocar em movimento a mó, desta vez usando o vento.

Mas como é possível colocar em movimento uma mó horizontal? Num moinho de rodízio, a roda do moinho é horizontal e pode colocar diretamente a mó em movimento: uma das mós, o pouso, mantém-se imóvel enquanto a outra, a mó andadeira, está a girar.

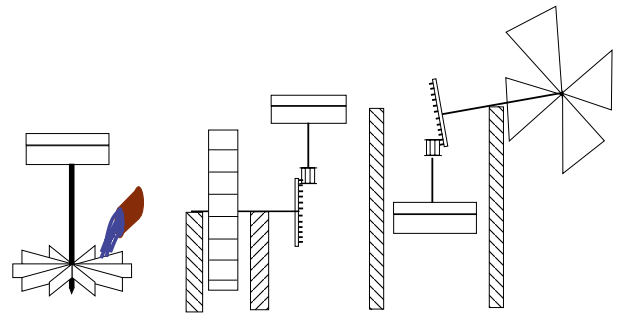


Fig. 6 - Rodízio (esquerda), azenha (centro) e moinho de vento (direita) com indicação da colocação das mós, e entrosga e carreto na azenha e moinho de vento.

Mas no moinho de vento ou na azenha é necessário um mecanismo extra: o eixo da vela ou da roda da azenha atravessa uma roda dentada que tem os dentes perpendiculares à roda, a entrosga. Por sua vez os dentes da entrosga encaixam-se nas fendas do carreto, que é atravessado por um eixo fixo da mó andadeira. O conjunto formado por entrosga e carreto é um mecanismo utilizado para transmitir movimento: o movimento de rotação do eixo horizontal é transmitido ao eixo vertical fixo à mó. Engenhoso, não?



Fig. 7 - Entrosga e carreto. Fotografia tirada da página <http://museu.sesimbra.pt/tag/outeiro/>

Podes fazer um modelo de entrosga e carreto com cortiça, e palitos, mas para ficar mesmo a funcionar é muito complicado. Para a entrosga corta uma rodela de esferovite de 2 cm de raio, espeta-lhe 12 pedaços de palito de cerca de 0,5 cm, igualmente espaçados, em torno da borda e enfia-a no eixo da vela ou da roda. Para o carreto corta duas rodela de cortiça, encaixa 4 pedaços de palito com cerca de 2 cm entre ambas e passa o eixo da mó pelos seus centros. Para a mó andadeira usa uma tampa de garrafão e para o pouso uma lata com um furo no centro. Os moleiros gostam que a entrosga tenha 36 ou 40 dentes e o carreto 4 a 5 fuseis, a palavra técnica para designar os paus verticais que o formam. Quando a entrosga dá uma volta, quantas voltas dá o carreto, ou a mó que roda com o carreto?

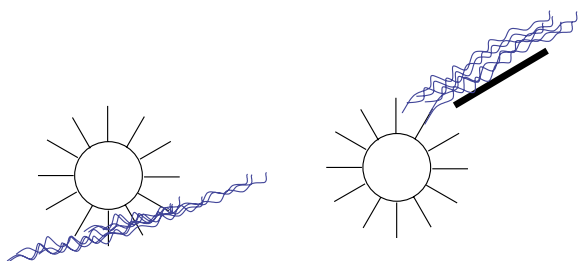


Fig. 8 - Roda de azenha a apanhar água de baixo (esquerda) ou de cima (direita)

As rodas das azenhas podem apanhar a água por cima, a água é canalizada e cai no topo da roda, ou por baixo, a roda está parcialmente dentro de um curso de água com corrente. Em que sentido gira a roda da azenha em cada um dos casos?

Na zona de Penacova e Bussaco há muitos moinhos de vento. Poderás encontrá-los no Roxo, Aveleira, Gavinhos, Portela da Oliveira e Atalhada. E agora deixo-te a questão: porque terão sido abandonados os moinhos? O que os veio substituir?

Na verdade, entretanto, as pessoas aprenderam a aproveitar o movimento do ar e da água de um modo muito mais eficiente gerando eletricidade. Sabes como?

Mas essa é uma outra história...



Agradecimentos:

Agradeço ao Helmut Wolters as fotografias dos moinhos e à Mónica Wolters as fotografias técnicas. Agradeço ainda às Professoras Isabel Lourenço e Nazarete Catré do Agrupamento Eugénio de Castro de Coimbra por me terem envolvido num projeto da escola sobre moinhos.

Bibliografia

- Fernando Galhano, "Moinhos e Azenhas de Portugal", Centro de Estudos de Etnologia de Lisboa (1979)
- <http://moinhosdeportugal.no.sapo.pt/>
- Vídeo de moinho a funcionar: <http://www.youtube.com/watch?v=ivntEiCB400>
- <http://museu.sesimbra.pt/tag/outeiro/>

Livros de divulgação científica

- selecção de 2012

Como é hábito, terminamos o ano pedindo a conhecidos autores e divulgadores portugueses que nos ajudem a elaborar a lista dos que consideram ser os melhores livros de divulgação científica editados em 2012. Desta vez contamos com as sugestões de Jorge Buescu, Carlos Fiolhais, David Marçal e António Piedade. Com os nossos agradecimentos, aqui ficam os seus “Top 5” pessoais.

Jorge Buescu

A minha escolha dos cinco melhores livros de divulgação científica publicados produziu uma selecção mista, com três livros portugueses e dois estrangeiros. Ei-los, sem qualquer ordenação particular.



“Outras Terras no Universo – Uma história de descoberta de novos planetas”, de Nuno Santos, Luís Tirapicos e Nuno Crato (Gradiva)

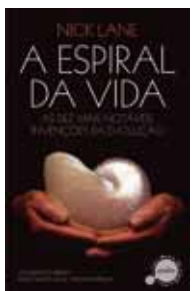
O relato de uma aventura científica entusiasmante: a procura de exoplanetas. O primeiro foi descoberto em 1995. Hoje já se conhece quase um milhar, incluindo sistemas solares com planetas em zona habitável. Uma obra-prima em que um

dos autores e protagonista científico é o astrofísico português Nuno Cardoso Santos.



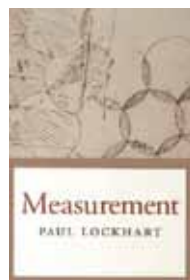
“Pipocas com telemóvel”, de Carlos Fiolhais e David Marçal (Gradiva)

Na sequência do seu delicioso “Darwin aos tiros”, Fiolhais e Marçal dedicam-se aqui, de forma informada, estruturada e muito bem-disposta a desmontar muitos dos mitos mais actuais das pseudo-ciências. Nas palavras dos próprios autores, «se a ciência pode ser divertida, a pseudo-ciência é garantidamente muito divertida»!



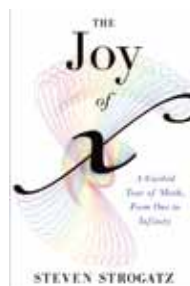
“A espiral da vida – as dez mais notáveis invenções da evolução”, de Nick Lane (Gradiva)

Actual, recheado de informação, entusiasmante e cheio de vida – ou não fosse um livro sobre a Biologia actual. Foi considerado um dos melhores livros de Ciência no Reino Unido em 2010. A tradução, de Alexandra Nobre, é irrepreensível.



“Measurement”, de Paul Lockhart (Belknap Press of Harvard University Press)

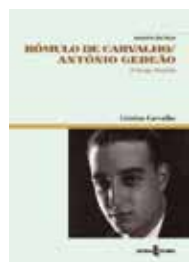
Lockhart atingiu os corações dos matemáticos com o seu “Mathematician’s Lament”, que circulou como um *samizdat* na Internet durante meia dúzia de anos (e foi recentemente publicado em livro). Aqui expõe, quase sem equações, de uma forma claríssima e entusiástica, o prazer do pensamento matemático. O estilo é tão familiar que até os gráficos são desenhados à mão!



“The Joy of X: a guided tour of Math, from one to infinity”, de Steven Strogatz (Houghton Mifflin Harcourt)

O jogo de palavras com o título de outro livro, famoso há décadas mas não dedicado à Matemática, é só o início. Strogatz é um matemático notável habituado a escrever para o grande público: é um autor de divulgação premiado e tem há anos uma coluna no *New York Times*. Este seu último livro reúne muitas das suas colunas sobre Matemática e é um prazer de ler. O prazer de X.

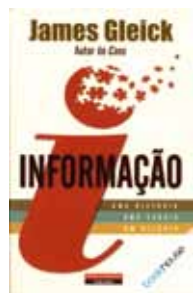
Carlos Fiolhais



“Rómulo de Carvalho/António Gedeão – Príncipe Perfeito”, de Cristina Carvalho (Estampa)

Já havia uma autobiografia (“Memórias”, Fundação Gulbenkian, 2010), mas a filha do famoso professor de ciências físico-químicas e poeta, também ela escritora,

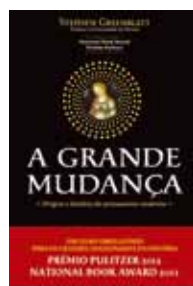
escreveu uma biografia de uma personagem ímpar da cultura portuguesa do século XX. Um retrato tirado de perto, por vezes íntimo, de um autor cuja memória permanece inspiradora.



“Informação – Uma História, Uma Teoria, Um Dilúvio”, de James Gleick (Temas e Debates e Círculo de Leitores)

Embora vá muito além da Física, este grande volume do autor de “Caos” aborda o tema da informação, um tema que não pode deixar de interessar o leitor comum

nestes tempos de globalização, conseguida através do transporte rápido de informação. A obra ganhou o prémio para o melhor livro de ciência em 2012 da Royal Society.



“A Grande Mudança – Origem e história do pensamento moderno”, de Stephen Greenblatt (Clube do Autor)

Não é bem de Física, mas tem a ver com a Física pois expressa uma visão atomística do mundo muito antes de se conhecerem os átomos experimentalmente. Um professor de Harvard, especialista

em Shakespeare e no seu tempo, conta-nos neste livro premiado com o Pulitzer a descoberta numa abadia alemã no século XV de um manuscrito do poeta latino Titus Lucrecio Caro, “De Rerum Natura” (Sobre a Natureza das Coisas). O encontro do poema clássico precedeu o Renascimento e a subsequente Revolução Científica. O título de Lucrecio foi tomado por um blogue em português centrado no cruzamento das ciências e das humanidades.



“Outras Terras no Universo – Uma história de descoberta de novos planetas”, de Nuno Santos, Luís Tirapicos e Nuno Crato (Gradiva)

Este livro dá conta de uma das fronteiras mais actuais da ciência: a procura de planetas extra-solares. O primeiro autor, astrofísico da Universidade do Porto, é um dos

investigadores mais activos na identificação desse tipo de astros. O último autor, apesar de arredado nos últimos tempos da divulgação científica, continua a ser um dos maiores escritores de ciência entre nós. O editor, Guilherme Valente, recebeu o primeiro Grande Prémio Ciência Viva, tendo para isso sido invocados os 30 anos da colecção Ciência Aberta de que este volume é o número 197.



“Um céu mais perfeito – Como Copérnico revolucionou o Cosmos”, de Dava Sobel (Temas e Debates e Círculo de Leitores)

Da autora de “Longitude” e “A Filha de Galileu”, dois best-sellers da divulgação científica, eis um livro sobre a alvorada da Revolução Científica, que contém uma peça de teatro.

David Marçal



“Bad Pharma: How drug companies mislead doctors and harm patients”, de Ben Goldacre (Fourth Estate, em inglês)

Ben Goldacre, médico e colunista do jornal britânico *The Guardian*, é o autor de “Ciência da treta”, um best-seller editado em Portugal pela Bizâncio. Nessa obra Goldacre desmascara alguns dos exemplos mais flagrantes de aldrabices científicas,

tais como os cosméticos milagrosos, os remédios homeopáticos ou as promessas delirantes de alguns nutricionistas. “Bad Pharma” é bem mais perturbador porque trata das condutas científica e eticamente incorrectas da indústria farmacêutica. Para além de mostrar como os processos de regulação dos medicamentos podem ser distorcidos, o autor aponta soluções para que esta situação mude, de modo a que os médicos e pacientes tenham acesso a informação mais objectiva.



“Outras Terras no Universo – Uma história de descoberta de novos planetas”, de Nuno Santos, Luís Tirapicos e Nuno Crato (Gradiva)

Este livro conta a história da descoberta dos planetas, dos cientistas que as fizeram, dos contextos em que estas aconteceram e dá a conhecer as técnicas usadas. Dos planetas do sistema solar, mas sobretudo dos que a partir de 1995

se encontraram a orbitar outras estrelas. Nalguns desses planetas extra-solares (hoje conhecem-se centenas) existirá vida? Um dos autores, Nuno Cardoso Santos é um dos investigadores envolvidos na procura de planetas semelhantes à Terra na órbita de estrelas longínquas. Por isso parte do livro é um relato na primeira pessoa e faz referência ao conhecimento científico mais actual.



“Porque choramos quando cortamos uma cebola?”, de Teresa Firmino e Filomena Naves (A Esfera dos Livros)

As autoras são duas jornalistas de ciência, do *Público* e do *Diário de Notícias*. Se noutros países é vulgar jornalistas de ciência serem autores de divulgação científica (caso de Michel de Pracontal ou de Matt

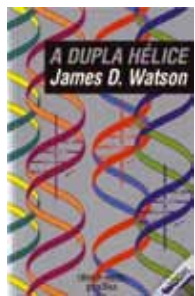
Ridley, por exemplo), no nosso é um acontecimento inovador. O livro faz-se de muitos textos curtos que procuram responder a perguntas do quotidiano que todos fazemos, mas para as quais acabamos por não procurar uma resposta. Os temas são muito diversos e as autoras falaram com muitos cientistas portugueses à procura das respostas.



“O Sistema Periódico”, de Primo Levi (Editorial Teorema, reedição)

Primo Levi foi um químico italiano com um percurso extraordinário, brutalmente marcado por onze meses num campo de concentração nazi. Essa passagem por Auschwitz está sublimemente contada no seu livro “Se isto é um Homem” (Editorial Teorema, 2009). Tendo-se afirmado como um talentoso e reconhecido escritor, Primo

Levi teve vários empregos ligados à sua formação em química e mesmo no campo de concentração trabalhou como químico, o que terá sido decisivo para a sua sobrevivência. “O Sistema Periódico” é uma autobiografia em que os capítulos têm os nomes de elementos químicos, com que Primo Levi se deparou ao longo da sua vida. É uma reedição de uma obra fundamental, que fazia falta em Portugal.



“Dupla Hélice”, de James Watson (Gradiva, reedição)

Conta a história, pelas palavras de um dos protagonistas, da descoberta da estrutura tridimensional da molécula de ADN. Em ciência são muito raros os casos em que um único artigo muda completamente o paradigma do campo em que se insere, mas este é um desses raros casos. A elucidação da forma do ADN (que é uma

dupla hélice) lançou as bases da biologia molecular que iriam ser exploradas nos 50 anos seguintes. É uma história que se passa num dos mais decisivos momentos do século XX para as ciências da vida. Uma reedição (a primeira, em Portugal foi em 1987) que importa assinalar e reconhecer.

António Piedade

Agradeço o convite que me foi dirigido pela Gazeta de Física para este exercício de selecção. O ano de 2012 não foi abundante em livros de autores portugueses dedicados à divulgação de ciência. Contudo, os poucos que se publicaram primaram pela qualidade e, sobre esses, recaiu a minha selecção, a qual, dado à limitação de espaço, fica ainda assim incompleta e eventualmente injusta. Como no ano passado, optei por incluir livros de outras disciplinas que não a Física, numa abordagem interdisciplinar e assim tentar chamar a Vossa atenção para outras áreas a que porventura estejam menos familiarizados. Indico-os por ordem alfabética dos autores.



“Cetáceos de Portugal – Passado, Presente e Futuro”, coordenação de Cristina Brito e Inês Carvalho (Escola de Mar)

Conjunto de textos de vários autores, coordenação de Cristina Brito e Inês Carvalho, que também assinam alguns dos textos. Editado pela Escola de Mar, na sua colecção Paleta Natura, constitui o único livro dedicado exclusivamente aos cetáceos numa linguagem direta de quem escreve para quem lê.



“Rómulo de Carvalho/António Gedeão – Príncipe Perfeito”, de Cristina Carvalho (Estampa)

Uma biografia intimista escrita por Cristina Carvalho, filha do incontornável professor e poeta, publicada pela editora Estampa.



“Pipocas com telemóvel”, de Carlos Fiolhais e David Marçal (Gradiva)

Livro publicado pela editora Gradiva, incluído na sua colecção “Ciência Aberta”, recém-premiada com o grande prémio Ciência Viva. Com o número 196, este livro apresenta e desmascara a pseudociência que tende a crescer entre nós.



“Porque choramos quando cortamos uma cebola?”, de Teresa Firmino e Filomena Naves (A Esfera dos Livros)

Uma introdução portuguesa na esfera de um género de livros de divulgação de ciência que respondem a questões do dia-a-dia. Escrito com rigor e humor, despretensioso, o que torna a sua leitura muito agradável e fluida.



“Outras Terras no Universo – Uma história de descoberta de novos planetas”, de Nuno Santos, Luís Tirapicos e Nuno Crato (Gradiva)

Livro que nos transmite a visão de três cientistas, Nuno Santos, Luís Tirapicos e Nuno Crato, sobre a fronteira da descoberta de novos planetas extra-solares. Editado pela Gradiva, último título de 2012 da sua colecção “Ciência Aberta”, com o número 197.



FORMULÁRIO DE SUBMISSÃO DE ARTIGOS

ÁREA DE AUTOR

Se já está registado efectue login:

Email Password

Ainda não está registado? Preencha o formulário abaixo para criar um registo e submeter o seu artigo:

AUTOR EMAIL

TÍTULO DO ARTIGO NÚMERO DE PÁGINAS

CARREGAR ARTIGO no file selected (FORMATOS ACEITES: DOC, PDF, ODT, DOCX, LAT, TEX, JPEG, JPG, GIF, PNG, TIFF)

CARREGAR DECLARAÇÃO DE DIREITOS DE AUTOR no file selected

[DECLARAÇÃO DE DIREITOS DE AUTOR \(DOCX\)](#) | [GUIA DE ESTILOS PARA AUTOR \(PDF\)](#) | [MODELO DE ARTIGO \(DAT\)](#)

MORADA INSTITUCIONAL

CÓDIGO POSTAL CIDADE PAÍS

Informação para autores: novo sistema de submissão de artigos

A partir de 2013, a submissão de artigos para a Gazeta de Física passa a ser feita através de um novo formulário online. Este dá-lhe acesso a uma Área de Autor personalizada, a partir da qual poderá gerir todas as suas submissões.

Instruções:

1. Aceder à página web da Gazeta de Física:
<http://www.gazetadefisica.spf.pt>
2. Para aceder ao formulário, seguir a ligação:
"Submeta o seu artigo aqui"
3. Se já está registado, faça login no topo da página para visualizar a sua Área de Autor
4. Se ainda não está registado, o registo é feito em simultâneo com a submissão do artigo
5. Preencher os seus dados de identificação, morada institucional e os dados do artigo
6. Carregar o ficheiro do artigo, tendo atenção aos formatos aceites
7. Carregar declaração de direitos de autor
8. Preencher dados da morada institucional
9. Submeter

Antes de submeter um artigo, tenha atenção aos seguintes pontos:

- Verifique que o seu artigo está de acordo com as recomendações do *Guia de Estilo para Autor*. Pode usar o ficheiro-modelo em Word para facilitar a elaboração do artigo. Ambos estes ficheiros estão disponível para descarregamento nesta página. Caso contrário, o artigo poderá ser devolvido para que efectue as correcções necessárias.
- Além do artigo, deverá submeter a *Declaração de Direitos de Autor* (também disponível nesta página), assinada e digitalizada.

O Mundo na Escola

PROGRAMA



GOVERNO DE
PORTUGAL

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
E CIÊNCIA

Exposição Itinerante

A Física no dia-a-dia na escola



Exposição baseada na obra de Rómulo de Carvalho “A Física no dia-a-dia”

Equipa do Mundo na Escola
Coordenação Executiva
Ana Maria Eiró
Graça Brites

Equipa do Instituto Superior Técnico
Coordenação Científica
Pedro Brogueira
Filipe Mendes

Equipa do Ciência Viva
Rosalia Vargas
Ana Noronha

Design e Cenografia
Atelier Zero

Produção dos módulos
“experiências”
Maketree

www.mundonaescola.pt

expofisica@mundonaescola.pt