

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):

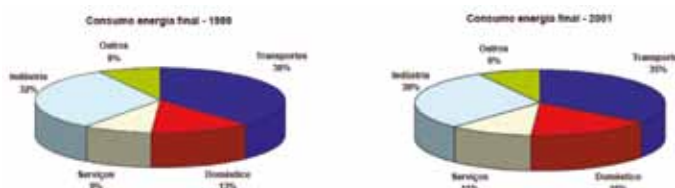


Fig. 1 - Sectores de consumo de energia em Portugal, no ano de 1999 e 2001 [2].

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*:

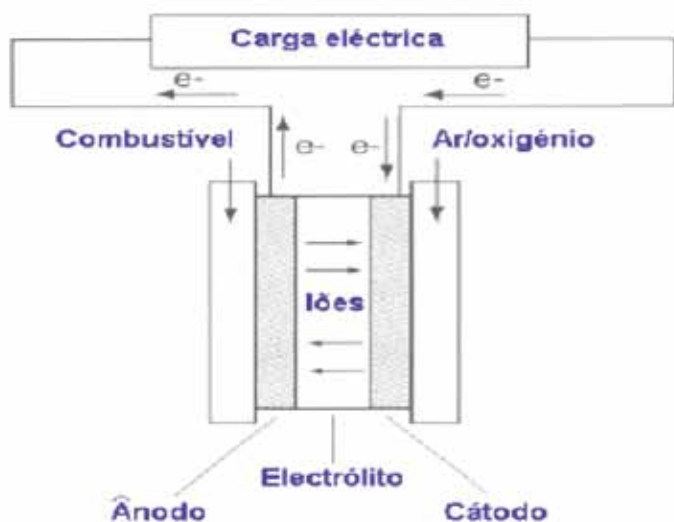


Fig. 2 - Sistema da célula a combustível do tipo WFC [4].

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.

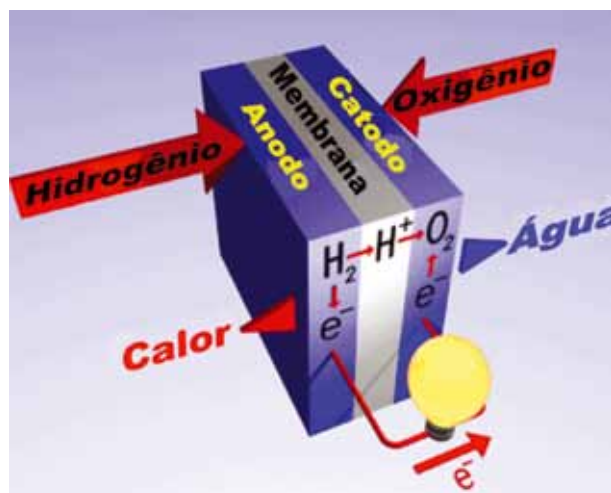
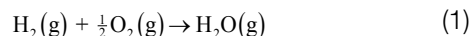


Fig. 3 - Funcionamento básico de uma célula de combustível [6].

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):

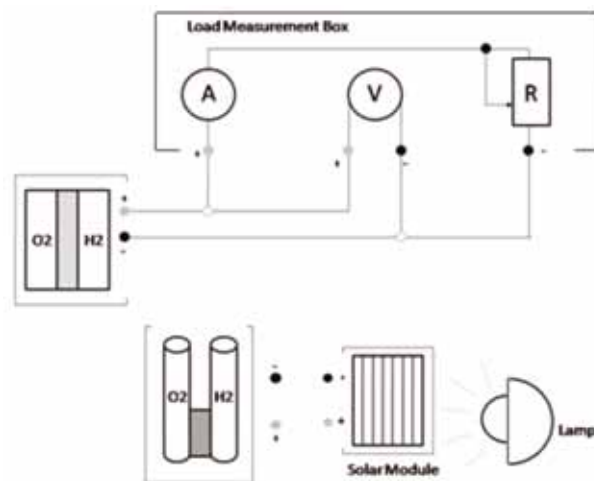


Fig. 5 - Exemplo da montagem do circuito [15].

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

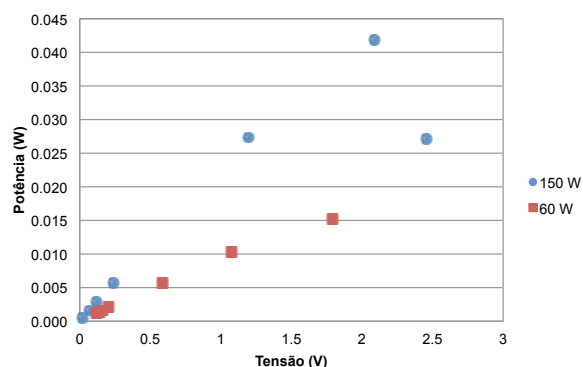


Gráfico 1 - Valores relativos ao módulo solar com os simuladores de luz solar de 60 e 150 W à distância de 0,29 m [19].

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:

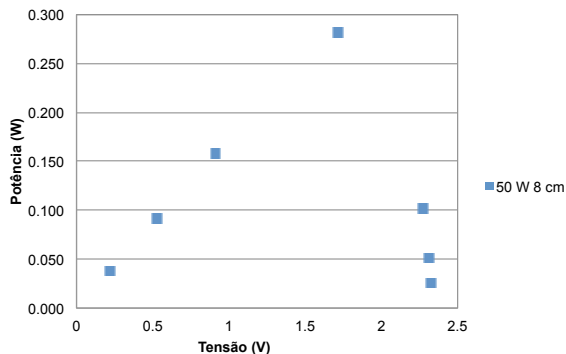


Gráfico 2 - Distância menor entre a lâmpada e o módulo [19].

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:

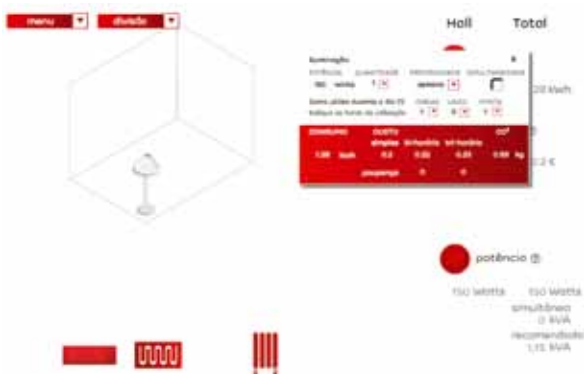


Fig. 7 - Simulador EDP para uma lâmpada [18].



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).