



Oficina de Energias Renováveis

*XX ACANAC - Campo Pioneiro
29 Julho a 4 Agosto 2002*



Fogão Solar

Construção com materiais reutilizáveis

Centro de Actividades Escutistas
Junta de Núcleo da Barra
Corpo Nacional de Escutas
Apartado 93 Caxias – 2781- 501 Paço de Arcos
tel. 21 440 6066 fax. 21 441 9737 e-mail: cae.jnb@clix.pt

Projecto de um Fogão Solar

Artigo publicado na Revista ENERGIA Nº1 (II Série) - Ano XIV - Jan-Mar / 1999

Mark Aalfs

Solar Cookers International

1919 21st St., Suite 101

Sacramento, CA 95814 USA

Tel: +1-916-455-4499, Fax: +1-916-455-4498, sbci@igc.apc.org

Versão original: **Principles of Solar Box Cooker Design**

(<http://www.accessone.com/~sbcn/sbcdes.htm>)

Tradução: **Manuel J. Lopes Prates** (<http://www.ineti.pt>)

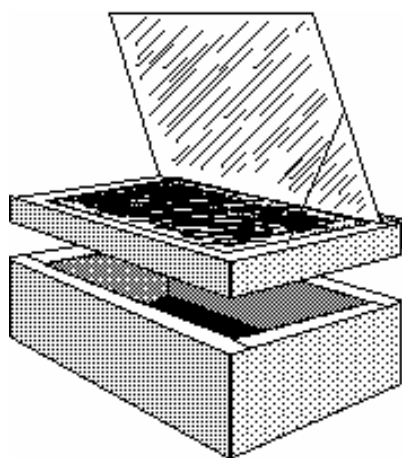


Fig. 1 – Fogão solar com cobertura, janela e refletor

O objectivo deste artigo é o de resumir os princípios básicos que são utilizados no projecto de fogões solares.

Os fogões solares utilizam-se, principalmente, para cozinhar alimentos e pasteurizar água, conquanto utilizações adicionais estejam a ser continuamente desenvolvidas. Numerosos factores, incluindo o acesso aos materiais, a disponibilidade dos combustíveis dos fogões tradicionais, o clima, as preferências alimentares, os factores culturais e as capacidades técnicas, afectam a aproximação das pessoas à cozinha solar.

Com a compreensão dos princípios básicos da energia solar e o acesso a materiais simples tais como o cartão, a folha de alumínio e o vidro, pode-se construir um eficaz aparelho de cozinha solar. O presente artigo esboça os princípios básicos do projecto dos fogões solares e identifica um largo leque de materiais potencialmente utilizáveis na sua construção.

Estes princípios são apresentados em termos gerais para que sejam aplicáveis a uma larga variedade de problemas de projecto.

Quer a necessidade seja cozinhar alimentos, pasteurizar água ou secar peixe ou grão, aplicam-se os princípios básicos da energia solar, da transferência de calor e dos materiais. Nós temos em vista a aplicação de uma larga variedade de materiais e de técnicas para que se possa fazer o uso directo da energia do Sol.

Os conceitos gerais relevantes para o projecto ou alteração de um fogão solar são os seguintes:

1. Princípios do Calor
2. Requisitos Materiais
3. Projecto e Proporção
4. Operação do Fogão Solar
5. Factores Culturais

1. Princípios do Calor

O objectivo básico do fogão solar é aquecer coisas – cozinhar alimentos, purificar água e esterilizar instrumentos – para mencionar algumas.

Um fogão solar cozinha porque o interior do fogão é aquecido pela energia do Sol. A luz do Sol, quer a directa quer a indirecta, entra na caixa solar do fogão através da cobertura de vidro ou de plástico. Transforma-se em energia calorífica quando é absorvida pela placa absorvedora preta e pelas panelas de cozinhar. Esta absorção de calor provoca o aumento da temperatura dentro do fogão solar até que a perda de calor do fogão seja igual ao ganho de calor solar. As temperaturas suficientes para cozinhar alimentos e pasteurizar água são facilmente alcançadas.

Dadas duas caixas que tenham a mesma capacidade de retenção de calor, a caixa que tenha maior ganho, por força de uma luz solar mais forte ou de luz solar adicional por via de um reflector, estará mais quente no seu interior.

Dadas duas caixas que tenham igual ganho de calor, a caixa que tiver maior capacidade de retenção de calor – paredes melhor isoladas em baixo e em cima – alcançará uma temperatura interior mais alta.

Os seguintes princípios do aquecimento serão considerados em primeiro lugar:

- A. Ganho de Calor
- B. Perda de Calor
- C. Armazenagem de Calor

A. Ganho de Calor

Efeito de estufa: Este efeito resulta no aquecimento de espaços fechados dentro dos quais os raios solares penetram através de um material transparente tal como o vidro ou o plástico. A luz visível passa facilmente através do vidro e é absorvida e reflectida pelos materiais dentro do espaço fechado

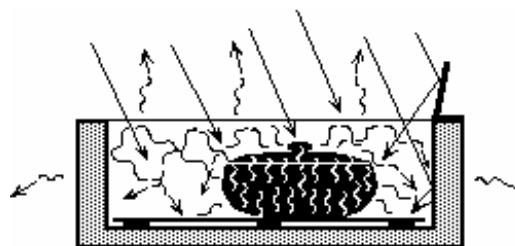


Fig. 2 – O efeito de estufa

A energia da luz que é absorvida pelas panelas negras e pela placa absorvedora negra por debaixo das panelas é convertida em energia calorífica, de maior comprimento de onda, e irradia dos materiais interiores. A maior parte desta energia radiante, porque é de maior comprimento de onda, não pode sair através do vidro e fica presa dentro do espaço fechado.

A luz reflectida ou é absorvida por outros materiais dentro do espaço fechado ou, porque não se altera o seu comprimento de onda, é devolvida ao espaço exterior através do vidro.

O calor que é recolhido pela placa absorvedora de metal negro e pelas panelas e é conduzido através destes materiais para aquecer e cozinhar os alimentos é crítico para o desempenho do fogão solar.

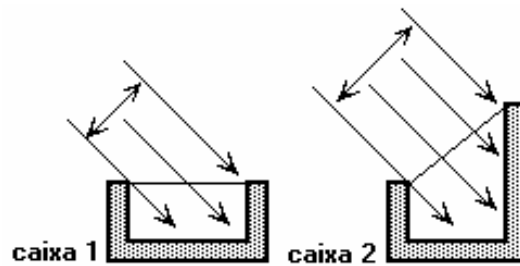


Fig. 3 – Orientação do vidro

Orientação do vidro: Quanto mais directamente se expunha o vidro ao Sol, maior será o ganho de calor solar. Embora o vidro tenha as mesmas dimensões nas caixas 1 e 2, o vidro da caixa 2 é atravessado por mais raios solares porque está mais directamente exposto ao Sol. Note-se que a caixa 2 tem também uma maior área de parede através da qual pode perder calor.

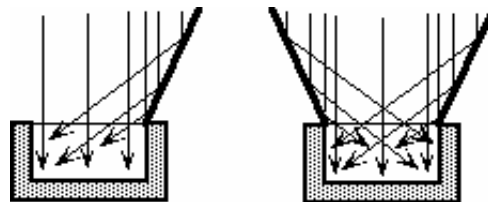


Fig. 4 – Reflectores para ganho solar adicional

Reflectores, ganho adicional: Os reflectores simples ou múltiplos fazem incidir luz solar adicional através do vidro dentro da caixa solar. Esta entrada adicional de energia solar produz temperaturas mais elevadas no fogão.

B. Perda de Calor

A Segunda Lei da Termodinâmica estabelece que o calor transfere-se sempre da fonte quente para a fonte fria. O calor dentro de um fogão solar perde-se por três vias fundamentais:

- i) Condução
- ii) Radiação
- iii) Convecção

Condução: O cabo de uma frigideira de metal em cima de um fogão ou de outro lume torna-se quente por transferência de calor do fogo, através dos materiais da frigideira, para os materiais do cabo. Do mesmo modo, o calor dentro do fogão solar é perdido quando se transfere através das moléculas das folhas de lata, vidro, cartão, ar e isolamento, até ao ar fora da caixa.



Fig. 5 – Calor conduzido através da frigideira até ao cabo

A placa absorvedora aquecida pelo Sol conduz o calor para a parte inferior das panelas. Para evitar a perda deste calor por condução através da parte inferior do fogão, a placa absorvedora é sobrelevada do fundo através de pequenos espaçadores isoladores, como se mostra na **figura 6**.

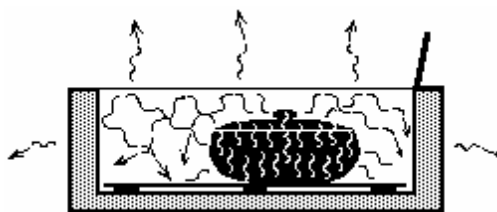


Fig. 6 - O calor irradia da caixa solar aquecida

Radiação: As coisas que estão mornas ou quentes – lumes, fogões ou panelas e alimentos dentro de um fogão solar – emitem ondas de calor, ou seja, irradiam calor para a sua vizinhança. Estas ondas de calor são irradiadas a partir de objectos quentes através do ar ou espaço que os cerca. A maior parte do calor radiante emitido pelas panelas aquecidas dentro da caixa solar é reflectido pelas folhas de lata e pelo vidro de volta para as panelas e tabuleiro inferior. Ainda que as vidraças transparentes enclausurem a maior parte do calor radiante, algum deste calor escapa directamente através dessas vidraças. O vidro enclausura melhor o calor radiante do que a maior parte dos plásticos.

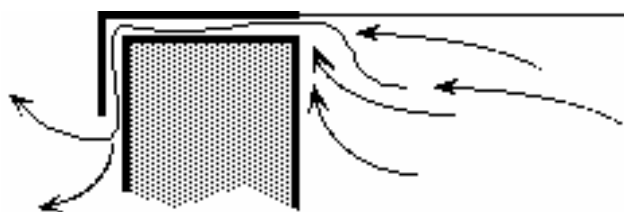


Fig. 7 – O ar aquecido pode escapar através de fendas

Convecção: As moléculas de ar entram e saem da caixa através de fendas. As moléculas de ar aquecidas dentro da caixa solar escapam-se, principalmente, através de fendas em volta da tampa superior, de uma abertura lateral da porta do forno ou de imperfeições de construção. O ar frio do exterior da caixa também entra através destas aberturas.

C. Armazenagem de Calor

À medida que a densidade e o peso dos materiais dentro da casca isoladora do fogão solar aumentam, a capacidade da caixa para reter o calor aumenta. O interior de uma caixa que contenha materiais pesados tais como pedras, tijolos, frigideiras pesadas, água ou alimentos pesados levará mais tempo a aquecer por causa desta capacidade de armazenagem de calor adicional. A energia que entra é armazenada sob a forma de calor nestes materiais pesados, tornando mais lento o aquecimento do ar na caixa.

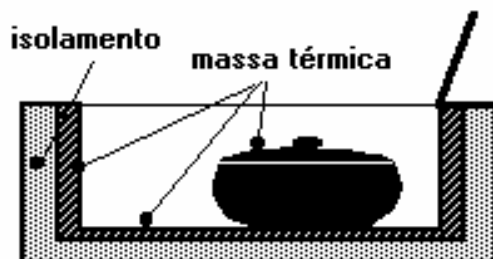


Fig. 8 – Massa térmica dentro da caixa solar

Estes materiais densos, carregados de calor, irradiarão esse calor dentro da caixa, mantendo-a quente durante muito tempo depois do pôr do Sol.

2. Requisitos Materiais

Há três tipos de materiais que são tipicamente utilizados na construção de fogões solares. Uma das propriedades que deve ser considerada na selecção de materiais é a resistência à humidade.

- A. Material estrutural
- B. Isolamento
- C. Material transparente
- D. Resistência à humidade

A. Material estrutural

Os materiais estruturais são necessários porque a caixa deve ter e manter uma dada configuração e forma, e ser durável ao longo do tempo.

Os materiais estruturais incluem o cartão, a madeira, o contraplacado, o aglomerado, o bambu, o cascalho, o cimento, o tijolo, a pedra, o vidro, a fibra de vidro, as canas entrelaçadas, as palhinhas, o plástico, o cartão-pedra, o barro, a terra batida, os metais, a casca das árvores, os tecidos endurecidos com cola e outros materiais.

Muitos materiais que se comportam bem estruturalmente são demasiado densos para serem bons isolantes. Para proporcionar ambas as propriedades, de integridade estrutural e de bom isolamento, é necessário utilizar normalmente materiais distintos para a estrutura e para o isolamento,

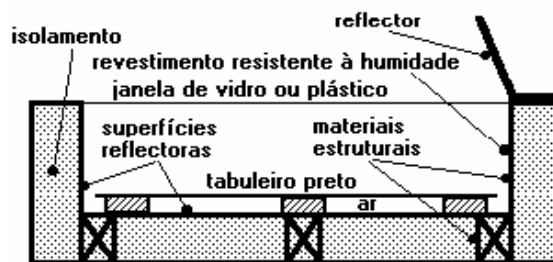


Fig. 9 – Materiais estruturais, isoladores, transparentes e resistentes à humidade

B. Isolamento

Com vista a que a caixa atinja temperaturas interiores suficientemente altas para cozinhar, as paredes e o fundo da caixa devem ter bom valor de isolamento (retenção de calor). Incluem-se entre os bons materiais para isolamento: folhas de alumínio (reflectoras da radiação), plumas (as plumas de baixo são as melhores), lã de vidro, lã de rocha, celulose, casca de arroz, lã, palha e jornais amassados.

Quando se constrói um fogão solar, é importante que os materiais para isolamento rodeiem o interior da cavidade do fogão solar onde se cozinha, por todos os lados excepto o lado envidraçado – usualmente o de cima. Os materiais isoladores devem ser colocados de tal modo que permitam

uma condução de calor mínima dos materiais estruturais do interior da caixa para os materiais estruturais do exterior da caixa. Quanto menores forem as perdas de calor da caixa, mais altas serão as temperaturas de cozinha.

C. Material transparente

Pelo menos uma das superfícies da caixa deve ser transparente e exposta ao Sol para proporcionar aquecimento por via do “efeito de estufa”. Os materiais vítreos mais comuns são o vidro e os plásticos resistentes às altas temperaturas tais como as bolsas para assar que se usam nas cozinhas. A utilização de coberturas transparentes duplas de vidro ou de plástico afecta quer o ganho de calor quer a perda de calor. Dependente do material utilizado, a transmissividade solar – ganho de calor – pode ser reduzida de 5 a 15%. Contudo, porque a perda de calor através do vidro ou do plástico duplo é reduzida a metade, o desempenho global da caixa solar é acrescido.

D. Resistência à humidade

A maior parte dos alimentos que são cozinhados num fogão solar contêm humidade. Quando a água ou os alimentos são aquecidos numa caixa solar, cria-se uma pressão de vapor, que conduz a humidade do interior para o exterior da caixa. Há muitos caminhos que esta humidade pode percorrer. Pode escapar-se directamente através de aberturas e fendas da caixa ou introduzir-se dentro das paredes da caixa se não existir nenhuma barreira de humidade. Se uma caixa é projectada com vedantes de alta qualidade e barreiras de humidade, o vapor de água pode ser retido dentro da câmara de cozinhar. No projecto da maior parte dos fogões solares, é importante que a maior parte da superfície interna do fogão tenha uma boa barreira de vapor. Esta barreira evitará danos provocados pela água nos materiais de isolamento e estruturais do fogão, por redução da velocidade de migração do vapor de água através das paredes e fundo do fogão.

3. Projecto e Proporção

A. Dimensão da caixa

Um fogão solar deve ser dimensionado tendo em consideração os seguintes factores:

- A sua dimensão deve permitir cozinhar a maior quantidade de comida normalmente necessária.
- Se for necessário mudar a caixa muitas vezes, não deve ser tão grande que dificulte esta tarefa.
- O desenho da caixa deve adaptar-se à louça de cozinha existente ou normalmente utilizada.

B. Relação da área de acumulação solar com o volume da caixa

Sendo tudo o resto igual, quanto maior for a área de acumulação solar em relação à área de perda de calor da caixa, maior será a temperatura de cozinha.

Dadas duas caixas que tenham áreas de acumulação solar de igual dimensão e proporção, aquela que seja menos funda será mais quente porque tem menor área de perda de calor.

C. Proporção do fogão solar

Um fogão solar exposto ao Sol ao meio-dia deve ser mais largo na direcção Este - Oeste para poder fazer melhor uso do reflector durante um período de cozinha de várias horas. À medida que a posição do Sol se altera no Céu, esta configuração resulta numa mais consistente temperatura de cozinha. Com fogões de secção quadrada ou aqueles com maior comprimento na direcção Norte - Sul, a maior parte da luz solar do início da manhã e do fim da tarde é reflectida do reflector para o chão, não acertando na área de acumulação solar da caixa.

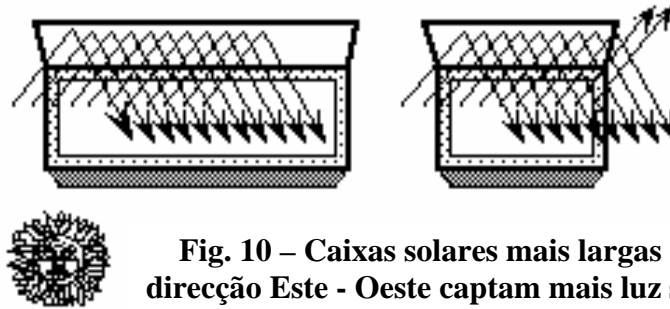


Fig. 10 – Caixas solares mais largas na direcção Este - Oeste captam mais luz solar

D. Reflector

Utiliza-se um ou mais reflectores para captar luz adicional dentro da caixa solar com vista a aumentar a temperatura de cozinha. Esta componente é opcional em climas equatoriais mas aumenta o desempenho da cozinha nas regiões temperadas do mundo. Ver **figura 4**.

6. Operação do Fogão Solar

Um dos encantos dos fogões solares é a sua facilidade de operação. Para cozinhar ao meio-dia numa latitude de 20° N – 20° S, os fogões solares sem reflector necessitam de pequeno reposicionamento de exposição ao Sol à medida que se altera a sua posição através do Céu do meio-dia. A caixa expõe-se e o Sol mantém-se alto no Céu durante uma boa parte do dia. As caixas com reflectores podem ser posicionadas no período da manhã ou da tarde para se fazer a cozinha durante esses períodos do dia.

Os fogões solares utilizados com reflectores nas zonas temperadas operam a elevadas temperaturas se a caixa for reposicionada de uma em uma ou de duas em duas horas. Este ajustamento de posição torna-se menos necessário à medida que a dimensão Este - Oeste da caixa aumenta em relação à sua dimensão Norte - Sul.

5. Factores Culturais

A acrescer aos aspectos técnicos principais do projecto dos fogões solares, os factores que incluem a cultura, a tecnologia apropriada e a estética jogam um papel importante no sucesso da transferência de tecnologia da cozinha solar.

Através dos séculos, a energia do Sol tem sido utilizada de numerosas maneiras. Com a cozinha solar, assim como com outras iniciativas, algumas soluções de projecto funcionam melhores do que outras. A tecnologia que é projectada para executar eficientemente uma dada tarefa e ao mesmo tempo vai de encontro a certos padrões de uso da energia, ambientais, sociais, culturais e/ou estéticos, é muitas vezes designada como “tecnologia apropriada”.

Infelizmente, o campo da cozinha solar tem a sua parte de modelos que falham estes testes técnicos e sociais básicos. Por exemplo, os fogões parabólicos podem cozinhar comida, mas quando comparados com a solução da caixa solar eles são mais difíceis de construir, requerem materiais especializados e constante reposicionamento, podem queimar a comida e não são provavelmente tão bem aceites em muitos contextos sociais e culturais. De facto, por causa dos bem publicitados fracassos destes aparelhos em vários projectos de desenvolvimento dos anos 60, muitos ainda acreditam que a cozinha solar não é praticável.

Quanto melhor o projecto de uma caixa solar vai de encontro a critérios de tecnologia apropriada, tanto melhor irá ser provavelmente abraçada por aqueles que a usam. Uma solução de muito baixa tecnologia é muito simplesmente escavar uma cova rasa no chão, isolar o fundo com erva ou folhas secas, meter os alimentos ou a água dentro de um contentor negro, meter este dentro da cova e cobri-lo com um vidro. Na solução de alta tecnologia, na outra ponta da escala, devem ser utilizados exactamente os mesmos princípios solares com padrões de construção, e materiais isoladores e vidros de alto desempenho e baixa emissividade, para integrar arquitectonicamente o fogão solar no lado sul de uma cozinha moderna. A porta do fogão solar pode ser na parede a uma altura conveniente muito próximo do microondas.

Os fogões solares de caixas de cartão podem ser apropriados para muitas culturas porque os materiais são facilmente acessíveis e baratos. Mas as desvantagens do cartão incluem susceptibilidade ao dano pela humidade e falta de durabilidade comparado com muitos outros materiais.

A estética é normalmente importante. As culturas que têm as formas arredondadas como norma podem rejeitar o conceito global da cozinha solar porque a caixa é quadrada. E certos estratos sociais podem rejeitar o cartão como material demasiado “barato” para seu uso.

É importante que os princípios básicos de projecto solar não sejam rejeitados por causa dos fracassos de certos modelos solares ou certas metodologias de transferência de tecnologia!

Certamente, uma das vantagens de as pessoas projectarem os seus próprios fogões solares é a de elas aplicarem os princípios solares utilizando os seus próprios materiais e sentido estético. As pessoas que constroem as suas próprias casas e mobiliário de madeira ou bambu, geralmente incluem estes materiais no seu projecto de fogão. A decoração superficial das caixas solares utilizando diversas pinturas e texturas também ajuda a integrar os fogões numa dada cultura. Há muitas **formas** que podem servir a **função** solar.

A localização do fogão solar e da actividade de cozinha, o facto do fogão solar ser fixo ou portátil, a hora do dia em que é utilizado e a importância da cozinha como actividade social são outros dos vários factores que afectarão o projecto dos fogões solares.

O projecto do fogão solar no Himalaia Indiano, apoiado pelo Projecto Indiano-Germano Dhauladhar, é uma aplicação de sucesso dos princípios da cozinha solar em relação às necessidades de uma dada cultura. O fogão não portátil é construído com terra e tijolos, e com um duplo envidraçado. A parte interior do fogão em folha-de-flandres é fabricada a partir de contentores de

manteiga líquida ou óleo. A casca fornecida por um descascador de arroz proporciona o isolamento em torno do forno de folha-de-flandres.

“Os materiais provêm da economia de mercado (vidro, pintura a preto, pregos, etc.), da economia local (trabalho, madeira) e da economia não monetária de subsistência (tijolos de barro, bambu, tecidos). Utilizando materiais familiares e habilidade é fácil de treinar os construtores e de ajudar as pessoas a manter as suas cozinhas.”

Os participantes do Projecto Dhauladhar, através da adaptação dos princípios da cozinha solar às necessidades e costumes locais, demonstraram um processo de transferência tecnológica eficaz.

Ainda que esteja fora do âmbito desta discussão dos princípios de projecto, merecem ser apontados outros factores críticos para o sucesso da implementação a longo prazo da cozinha solar.

Com vista ao sucesso da transferência da tecnologia solar de uma cultura para outra, é crítica a existência de uma ponte estável e duradoura. As pessoas de ambas as culturas formam essa ponte. As pessoas da cultura dadora devem ter um alto grau de sensibilidade cultural e assumir um compromisso temporal significativo. O sucesso é mais provável se os indivíduos da cultura dadora forem líderes nas suas próprias comunidades. O quanto melhor estes indivíduos trabalharem em conjunto jogará um importante papel no sucesso ou no fracasso do processo. A comunidade é, por definição, uma teia de actividades interligadas. Para que a cozinha solar se torne parte da cultura local é necessário que ela seja considerada no contexto das actividades comunitárias tais como economia local, trabalho, cuidados de saúde, actividades sociais, recursos energéticos, desflorestação, educação, infra-estrutura técnica e outras.

A cozinha solar tem sido já praticada num variado leque de culturas. Mas só temos tocado a superfície. Está ainda por compreender a comovente potencialidade dos benefícios deste recurso em termos da fome, da saúde e da desflorestação mundiais.

Um dos objectivos principais da “Solar Box Cookers Northwest” é a de promover a causa da cozinha solar em todo o mundo através da distribuição de informação e da transferência tecnológica. Se você estiver interessado em trabalhar connosco, teremos todo o gosto em discutir consigo o nosso trabalho e qualquer uma das suas ideias. Também gostaríamos de ver novos projectos e fotografias. Contacte-nos se faz favor para a direcção indicada no cabeçalho deste artigo.

.....

QUESTÕES PARA REFLECTIR

1. Existem actualmente condições tecnológicas para que uma casa tipo vivenda possa ser autosuficiente em energia, recorrendo exclusivamente às energias renováveis ?
2. Sendo a queima de resíduos florestais uma fonte de energia renovável - biomassa-, significa que queimar madeira é menos poluente que queimar petróleo ?
3. Se um autocarro estivesse coberto de módulos fotovoltaicos, teria condições para realizar o seu percurso normal sem reabastecimento ?
4. Indicar 3 formas possíveis de elevar água de um poço utilizando sistemas mecânicos ou eléctricos que utilizem ENERGIAS RENOVÁVEIS .
5. Como forma de implementar a AGENDA 21 discutida em Kyotto, a União Europeia comprometeu-se a duplicar a quota de consumo final de energia (de 6% para 12%) até ao ano 2010, recorrendo a fontes de energias renováveis.
De que forma Portugal tem estado a preocupar-se com a duplicação da sua contribuição - no seu território - para atingir o objectivo da UE?
6. Conhece o DIA EUROPEU SEM CARROS ? QUANDO É ?
Indique qual a causa principal, dentro das seguintes possibilidades, que levou alguns municípios a aderir a esta iniciativa.
 - Poluição
 - Ruído
 - Consumo de Energia
 - Perdas de tempo
 - Nenhuma destas*

