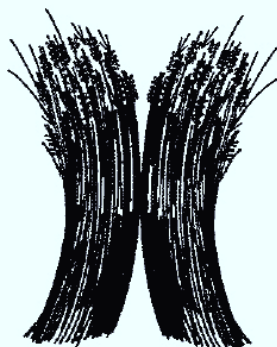


# Uso da palha para fins energéticos

José Nunes \*  
Bohumil Havrland \*\*  
Daniel Procházka \*\*\*



## 1. Introdução

A aplicação dos processos de conversão termoquímica (combustão, gaseificação e pirólise) da biomassa para a produção de energia a partir de recursos biomássicos, apresenta-se actualmente do ponto de vista técnico e económico bastante interessante.

Destes processos, para a combustão directa e a gaseificação com ar, dispõe-se de tecnologias em comercialização pelo sector industrial, enquanto que, para a produção de gás de médio poder calorífico (gaseificação com oxigénio ou vapor), o desenvolvimento atingiu a fase de demonstração.

No que respeita à obtenção de combustíveis líquidos pelo processo de pirólise, este apresenta-se com potencialidades de mercado mas necessita ainda de mais investigação e de uma maior dinamização e valorização dos combustíveis obtidos.

A valorização da biomassa como fonte de energia através de processos termoquímicos é também atractiva do ponto de vista ambiental, uma vez que os combustíveis alternativos produzidos não contêm enxofre nem azoto, minimizando assim os níveis de emissões de  $\text{SO}_2$  e  $\text{NO}_x$ . Além disso é possível consumir quantidades significativas de hidrocarbonetos sem aumento significativo de  $\text{CO}_2$  em termos de balanço no ciclo do carbono,

minimizando assim também o impacto em termos de efeito de estufa (LNETI, 1994).

Do ponto de vista histórico, ainda não há muito tempo que a actividade agrícola assegurava todas as necessidades energéticas exclusivamente pelos seus próprios recursos. Estima-se que 30 a 40 % da terra agrícola era utilizada para cobrir as necessidades da energia para tracção, mão-de-obra e aquecimento das casas.

Desde o fim da 2ª Guerra Mundial até 1973, ano da 1ª crise petrolífera, o combustível mais utilizado foi o thich-fuel-oil e só nos casos em que existiam, numa indústria, resíduos lenhosos resultantes do processo fabril, é que se utilizavam esses resíduos como combustível.

O excesso da produção de produtos alimentares à escala mundial ou regional, em conjunto com o peso excessivo para a economia nacional representado pelas importações de energia leva à necessidade de repensar os sistemas tradicionais de aprovisionamento de energia ao mais alto nível: neste caso, a agricultura pode funcionar como um produtor activo e efectivo da energia para a economia nacional. Quando se atingir este objectivo, o sector agrícola ganha emprego (postos de trabalho) e meios financeiros que tem perdido pelo decréscimo das vendas como produtor de alimentos.

Atendendo ao estado actual de desenvolvimento da tecnologia utilizada para a gaseificação de biomassa e apresentado-se a palha como um produto (combustível)

abundante e subaproveitado, pareceu-nos ser interessante efectuar um conjunto de ensaios utilizando esta tecnologia para a realização da sua valorização energética.

São pois as principais conclusões desses ensaios experimentais que apresentamos neste trabalho.

## 2. Aproveitamento actual da biomassa

No que toca à biomassa, Portugal, apresenta recursos interessantes pois uma quantidade muito elevada de resíduos, provenientes das diferentes operações silvícolas nas várias espécies que compõem o património florestal, encontra-se anualmente disponível.

Através de um estudo realizado em 1985, o potencial de resíduos da floresta disponível em Portugal para fins energéticos, foi estimado em 3.3 milhões de toneladas verdes anuais (cerca de 1.8 milhões de toneladas secas), (A.D.LITTLE, 1985). Estes resíduos disponíveis representam um potencial energético de 0.865 Mtcp (tomando para poder calorífico da madeira seca o valor de 4300 kcal/Kg).

Este quantitativo de energia representa, relativamente aos consumos de 1992, cerca de:

- 5% da energia importada;
- 6.6% do petróleo importado;
- 7.3 % da energia final utilizada;
- 21 % da energia consumida na indústria para fins energéticos.

Estes valores dizem respeito apenas à biomassa constituída por resíduos florestais e resíduos provenientes da indústria de transformação da madeira.

Para além destes resíduos é também de considerar a contribuição em termos energéticos, que poderá resultar do aproveitamento da designada biomassa agrícola. Esta é constituída, quer por resíduos provenientes da agricultura, quer por resíduos resultantes de processos ligados à actividade agro-industrial, como sejam: cascas de amêndoa, noz, arroz, uva, bagaço de azeitona, palha, etc., os quais podem ser utilizados localmente pelas indústrias geradoras na produção da sua própria energia. No entanto, alguns dos problemas que se colocam com

a utilização para fins energéticos da biomassa em geral, tais como, elevados conteúdos em humidade e baixa densidade, poderão ser agravados com alguns dos resíduos agrícolas acima referidos, implicando custos e gastos de energia adicionais, quer na secagem, quer nos sistemas de transporte e alimentação.

O principal aspecto económico da viabilidade de utilização destes combustíveis é, indiscutivelmente, o desconhecimento do grau de elasticidade do seu preço em relação a um aumento da procura. Esta elasticidade deve ser verificada localmente, já que o custo do transporte limita o raio económico de recolha.

Apesar do contínuo aumento do número de utilizadores deste tipo de combustível, observado nos últimos anos, o preço actual do KJ obtido a partir de resíduos vegetais é francamente inferior ao resultante do fuelóleo (após as correcções necessárias para os tornar comparáveis), tendo, geralmente, os investimentos necessários a esta substituição, períodos de amortização de cerca de 1 ano.

O principal aproveitamento da biomassa está orientado para a transformação e/ou combustão de resíduos lenhosos. O seu efeito é, em todos os sentidos (energético, económico e ecológico) incontestável, apesar de algumas formas não terem sido reconhecidas e dinamizadas até agora.

Segundo dados do Instituto de Maquinaria Agrícola (PRAGA 6 - REPY, Eng.º Sladky) naquele País, uma parte da palha (cerca de 15 - 20 %) pode ser conduzida para fora da agricultura. Pela venda desta quantidade de palha seria possível cobrir parte das perdas que a agricultura sofre em consequência do excesso da produção de alimentos.

A perspectiva do aproveitamento da palha para fins energéticos é apoiada pelo nível tecnológico crescente do equipamento que pode ser utilizado na colheita e armazenamento da biomassa: máquinas de colheita automotrizes de alta capacidade e equipamento de combustão com elevada eficiência e um nível de emissões aceitável, equipadas com aparelhos de dosagem automática.

## 3. Avaliação da biomassa como recurso energético

A transformação energética mais apropriada do ponto de vista técnico depende, fundamentalmente, das características da biomassa: a sua percentagem

Tabela 1 - Transformação energética de diversos produtos

Tipos de biomassa	H <sub>2</sub> O (%)	C/N	Processos de transformação
Plantas e resíduos lenhosos	< 35	—	Termoquímicos
Plantas e resíduos com elevado conteúdo lenhoso	—	> 30	Termoquímicos
Plantas e resíduos celulósicos	> 35	—	Fermentação alcoólica
Plantas e resíduos com elevado conteúdo de açúcar	15-90	—	Fermentação alcoólica
Plantas e resíduos para fermentação	> 35	20-30	Digestão anaeróbica
Resíduos de origem animal	70 - 90	20-30	Digestão anaeróbica

(Segundo FAO 22/80)

em água e a sua relação carbono/nitrogénio (C/N). Como se pode observar na Tab. 1, para se aplicar os processos de transformação termoquímica, os requisitos mais importantes são uma alta relação C/N e uma baixa percentagem de teor de humidade, o que se verifica tanto na lenha como na palha.

A energia produzida a partir da biomassa (por combustão ou gaseificação) é uma das mais eficientes (tecnológica e economicamente) formas das energias renováveis, quando comparada com a energia SOLAR, EÓLICA, HIDRÁULICA e GEOTÉRMICA. Devemos também tomar em conta a facilidade relativa do seu armazenamento o que, na maioria dos casos, não é possível. O poder calorífico superior da biomassa (palha) em condições normais, oscila entre 17 a 18 MJ/Kg - valor este bastante interessante para a realização da sua valorização energética.

Uma forma interessante para análise do potencial energético da palha é a sua comparação com o combustível fóssil mais utilizado - o fuelóleo. Em condições normais, 3 Kg de palha correspondem a 1 Kg de fuelóleo o que leva a concluir que cerca de 306 Kg de palha produzem aproximadamente 1 MWh, admitindo uma eficiência média das instalações térmicas da ordem dos 85 % (Gundtoft, S., 1990).

#### **4. Possibilidades de aproveitamento energético da palha de colza**

A palha de colza é considerada como resíduo de baixo valor fertilizante pelo que não se utiliza nas camas dos animais nem se incorpora no solo. As práticas de liquidação ou transformação utilizadas até agora, nem sempre são convenientes do ponto de vista fitossanitário.

Os rendimentos da palha de colza variam entre 3 e 6 t/ha - em função da tecnologia de colheita e da variedade. Porém, o rendimento próprio da parte aérea da planta sem grão é maior, sendo fundamentalmente reduzido pela altura de corte da ceifeira-debulhadora.

A colza é uma das plantas que apresenta mais perspectivas de uso universal. É certo que a área cultivada vai crescer num futuro próximo tendo em conta o acréscimo de produção dos óleos vegetais, bio-combustíveis e bio-lubrificantes. Podemos então contar com um acréscimo na produção de palha de colza o que implica a necessidade de um aproveitamento razoável.

Há mais razões para confirmar que o aproveitamento da palha de colza como combustível pode ser o mais adequado. O papel importante que representam as necessidades energéticas da agricultura e o facto de já estar bem desenvolvida a sua tecnologia: colheita, transporte e armazenamento. Esperam-se algumas dificuldades com o processo da sua queima assim como na própria organização da linha tecnológica.

Neste contexto é extremamente importante uma característica favorável que a palha de colza apresenta: é possível reduzir rapidamente a sua humidade (em 2 dias de secagem apresenta um valor inferior a 20%) o que reduz os custos da sua produção, transporte e armazenamento. Em vista da transformação da produção agrícola e das restrições à produção animal, espera-se que uma parte da capacidade de armazenamento que tem sido ocupada pelo feno fique disponível para armazenar a palha energética. Portanto, não será necessário fazer investimentos para o armazenamento. O arranjo ou transformação da palha (produção de briquetes) pode ser feito com equipamento simples com um investimento de capital e custos operacionais baixos.

Pode-se então, esperar que algumas empresas agrícolas com área suficiente, sejam capazes, a partir de uma maior área semeada de colza, de assegurar a maioria do seu consumo de energia e ainda de contribuir positivamente para o balanço energético da região ou do país.

Até agora, tem havido alguns problemas com o uso energético da palha de colza, nomeadamente:

- a tecnologia ainda não se tornou completa quanto ao equipamento necessário;
- limitações à poluição do ambiente que, nalguns casos, são ultrapassados (teor de cinza nas emissões no caso de fornos sem separadores);
- escassez dos equipamentos adequados de combustão;
- alto risco de incêndios na biomassa armazenada;
- elevado consumo de mão-de-obra (no caso de equipamento não automatizado).

#### **5. Processo de queima e constituição do espaço de combustão**

A combustão directa da biomassa é a técnica de valorização energética mais generalizada. Fundamentalmente, ela processa-se em três fases: (i) secagem; (ii) libertação de matérias voláteis e sua combustão; (iii) combustão do carbono fixo (Juanico, 1989).

Para a realização da combustão têm sido utilizadas fornalhas equipadas com grelhas inclinadas fixas, quando se trata de combustível com certa dimensão, grelhas planas com alimentação inferior por parafuso sem-fim para combustíveis granulados e, finalmente sistemas de injeção de pó, em suspensão, com ou sem grelha fixa plana ou inclinada, sistema este ainda pouco utilizado (Nunes, 1993).

A esmagadora maioria dos fabricantes, tendo por intenção assegurar para os seus produtos alta fiabilidade e rendimento, baixo nível de emissões poluentes e reduzida formação de condensados, prescreve para os seus produtos, combustíveis de baixo teor de humidade. Claro que manter um baixo teor de humidade é mais

difícil no caso de massa lenhosa do que na palha. Porém, em ambos os casos, é necessário armazenamento sob coberto com possibilidades de arejamento (Nunes, 1991).

Uma propriedade importante dos combustíveis produzidos a partir de biomassa é a elevada percentagem de compostos que se gaseificam a temperaturas compreendidas entre 100 e 200° C. No material lenhoso essa percentagem é superior a 70 %, enquanto que na palha ultrapassa os 80 %. Isto significa que estas matérias ardem com chamas de alguns metros de comprimento (as chamas produzidas pelo coque só têm alguns centímetros).

O facto acima mencionado tem um papel importante para a construção dos espaços de combustão, pois estes devem ter maiores dimensões e as suas superfícies de transmissão do calor devem ficar no lugar que normalmente é atingido pela extremidade da chama - caso contrário criam-se fuligens e ocorre a carbonização dessas superfícies. Um dos inconvenientes dos combustíveis de biomassa (em comparação com os fósseis) é que eles são exigentes quanto à sua alimentação assim como à regulação da potência. Resolve-se este problema fazendo o equipamento trabalhar em regime ótimo durante o tempo indispensável para produzir uma quantidade de calor necessária que pode ser armazenada num acumulador - recipiente com água quente de capacidade conveniente.

Como requisitos importantes para o equipamento de combustão da palha destacam-se:

- a sua operação deve ser simples possibilitando uma alimentação segura sem ignições reversas e explosões espontâneas;
- fácil remoção da cinza, manutenção simples e fácil;
- alto rendimento de combustão (95 - 100 %) e de transmissão da energia para o fluído (70 - 80%, no futuro ainda mais);
- alta qualidade de combustão com um teor mínimo de emissões nocivas nos gases de combustão (CO, hidrocarbonetos aromáticos, NO<sub>x</sub>) assim como a queima completa dos gases combustíveis e o tempo suficiente de contacto dos gases de combustão com as superfícies de transmissão de calor;
- longevidade suficiente.

## **6. Processo de gaseificação. Aplicação ao caso da palha**

A gaseificação consiste na transformação da biomassa em gases, com baixo e médio valor energético. Trata-se de um processo, onde uma reacção em presença de um agente oxidante, realizada em fases sucessivas consoante a temperatura aumenta, conduz em primeiro lugar, a uma pirólise entre os 300-500°C, com libertação de matérias voláteis e formação de carvão, seguida da fase de reacção gasosa dos voláteis a cerca de 600°C e gaseificação final, a 700°C, do carvão.

Os processos de gaseificação são vários e ocorrem em geradores cuja tecnologia tem evoluído bastante nos últimos tempos.

De entre os processos de valorização energética o que melhor eficácia tem apresentado, quando se trata de utilizar a palha, é a gaseificação. Para a realização da combustão directa é necessário um grande espaço de combustão o que obriga os sistemas de queima a apresentarem enormes dimensões e consequentemente a serem bastante caros.

Deste modo, dadas as vantagens comparativas da tecnologia de gaseificação em relação à tecnologia de combustão realizámos uma série de ensaios experimentais utilizando alguns tipos de geradores de gaseificação, com a finalidade de definir e testar a eficiência e a qualidade de produção do gás a partir de palha.

Por existir uma grande variedade de tecnologias utilizadas no processo de gaseificação foi nosso propósito utilizar aquelas que à partida se nos apresentaram mais adequadas e que na República Checa têm já apresentado resultados bastante positivos para outros tipos de biomassa.

Os geradores testados compõem-se de um cilindro de aço que se enche de biomassa. Na parte inferior do gerador entra radialmente, de um lado, o gás para o espaço de combustão juntamente com o ar, enquanto que no lado oposto sai o gás produzido. Uma parte do gás é utilizada para assegurar a pirólise. Na parte inferior do gerador fica o espaço destinado à remoção das cinzas e inqueimados. Um esquema deste tipo de gerador apresenta-se na figura 1- gerador A.

Outro tipo mais complexo, com o fluxo inverso de gás, leva o gás, depois de ter saído do espaço de combustão para a parte superior do gerador. O gás é arrefecido pelo ar que passa por outro canal ao longo de toda a superfície do gerador em sentido inverso para entrar no espaço de combustão, na parte inferior do gerador. Um esquema deste tipo de gerador apresenta-se também na Figura 1- gerador B.

O pré-aquecimento do ar antes deste chegar ao espaço de combustão, bem como outras características relacionadas com o design do gerador B faz com que o rendimento deste gerador suba até 80 % e que as condições de gaseificação da palha sejam melhores.

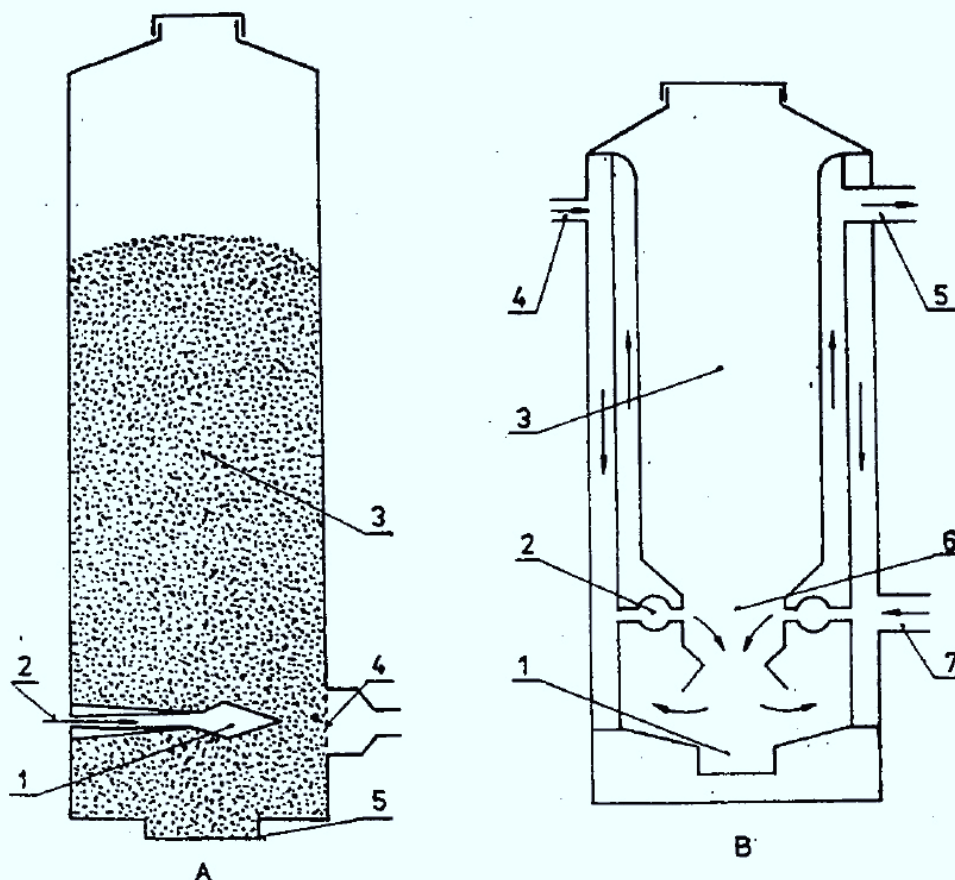
Dos resultados experimentais obtidos após a realização de vários ensaios com estes dois tipos de geradores concluímos:

- 1 - a tecnologia dos geradores utilizados apresenta-se adequada para a realização da gaseificação da palha;
- 2 - o gerador de fluxo inverso apresenta um rendimento mais elevado e uma melhor qualidade do gás produzido;
- 3 - o design do gerador apresenta-se adequado para a realização da gaseificação pelo que se recomenda para fins de produção de gás a partir da palha de colza;
- 4 - os gases combustíveis resultantes deste processo podem ser armazenados (mas não comprimidos por razões económicas) e utilizados em equipamentos

que se podem localizar em lugares distintos dos locais de produção;

5 - os gases obtidos podem ser utilizados na indústria, substituindo os combustíveis derivados do petróleo,

para aquecimento doméstico, para queima em turbina a gás para a produção de energia eléctrica e queima em motores de combustão interna para a produção de energia eléctrica ou mecânica.



A: **Gasogénio de tipo GOHIN-POULENC**; 1 - espaço de combustão incompleta, 2 - entrada do ar, 3 - recipiente da biomassa, 4 - saída do gás, 5 - depósito da cinza  
 B: **Gasogénio de fluxo inverso do gás**: 1 - depósito da cinza, 2 - câmara de pré-aquecimento do ar, 3 - recipiente da biomassa, 4 - entrada do ar adicional, 5 - saída do gás, 6 - espaço de combustão incompleta, 7 - entrada principal do ar

**Figura 1** - Gasogénios de produção do gás pobre

## Referências bibliográficas

- A. D. Little (1985) Resíduos florestais para a produção de energia em Portugal. Relatório final. Tecninvest S.A.R.L. Lisboa.
- Gundtoft, S. (1990) Straw as fuel in Denmark. Comunicação apresentada no colóquio "Biomassa para a energia-Equipamentos e Tecnologias disponíveis". Centro da Biomassa para a Energia. Coimbra.
- Juanico, M. (1989) A biomassa como fonte de energia em geradores de calor. Encontro Nacional de Aproveitamento Energético de Resíduos Florestais. Figueira da Foz.
- LNETI, (1994) Biomassa-opção energética. Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial. Departamento de Energias Convencionais. Lisboa.

Nunes, J. (1991) Disponibilidades em combustíveis residuais na Região de Castelo Branco. Relatório do Projecto em Energia. Instituto Superior Técnico (IST). Lisboa.

Nunes, J. (1993) Combustão de biomassa em fornalhas ciclone. Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico (IST). Lisboa.

\* Engenheiro Mecânico, Professor Adjunto da ESACB

\*\* Professor Coordenador da ESACB

\*\*\* Estudante Estagiário da UNIVERSIDADE DE PRAGA - REPÚBLICA CHECA