



## Novas tendências nos Sistemas de Digestão Anaeróbia e Produção de Biogás

SANTINO EUGÉNIO DI BERARDINO

Unidade de Bioenergia, Laboratório Nacional de Energia e Geologia I. P., LNEG Lisboa  
santino.diberardino@lnegi.pt



Os sistemas integrados de valorização energética e ambiental dos resíduos com base na Digestão Anaeróbia associada a práticas agrícolas, podem constituir uma oportunidade de negócios e de desenvolvimento do meio rural. A tecnologia existente consegue satisfazer, vantajosamente, as aplicações práticas, existindo soluções inovadoras que poderão permitir maiores rendimentos.

O cultivo de terrenos com plantas herbáceas com resíduos digeridos, pode substituir vantajosamente as culturas de alto rendimento e ocupar e valorizar terrenos marginais.

O biogás é um combustível muito versátil, que pode alimentar os dispositivos mais diversos, nomeadamente as células a combustível, as turbinas a gás ou pode ser convertido em biometano.

Em Portugal estes sistemas têm dificuldades em avançar na implementação, pois existem barreiras técnicas, não técnicas e económicas que devem ser removidas.

Palavras-chave: Biogás, Digestão Anaeróbia, valorização de resíduos, sistemas centralizados.

### 1. GESTÃO DOS RESÍDUOS: EVOLUÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE

Os resíduos orgânicos e as lamas das estações de tratamento de águas residuais, são matéria-prima abundante em todas as sociedades com elevado padrão de vida. Contêm compostos com propriedades químicas, energéticas e fertilizantes, que são depositados em aterros ou convertidos em cinzas, sem aproveitamento. A sua gestão pode representar um gasto significativo de recursos e energia e lançamento de emissões ou pode constituir uma preciosa fonte de energia renovável e compostos fertilizantes, contribuindo ainda para contenção das emissões gasosas de origem fóssil. Tudo depende do processamento aplicado.

A deposição dos resíduos em aterro não é uma solução aceitável a longo termo e necessita ser substituída pela recicla-

gem e a valorização energética.

O Livro verde do ambiente da União Europeia, sobre resíduos orgânicos biodegradáveis, procura claramente transformar a sociedade do desperdício numa sociedade da reciclagem. Em termos energéticos, a estratégia da União Europeia também definiu metas concretas a alcançar até 2020 (proposta 20-20-20) que são:

- Melhorar 20% a eficiência energética na utilização
- Reduzir 20% as emissões de CO<sub>2</sub>
- Aumentar para 20% a participação das fontes de energia renováveis na energia primária

Assim qualquer melhoria que se introduza na eficiência da gestão dos resíduos orgânicos e da produção simultânea de energia traduz-se num avanço em todos os três vectores apontados pela estratégia da UE, ajudando a alcançar as metas previstas.

## BIOENERGIA

TABELA 1 - Energia do Biogás explorada na Europa em 2001-2007 (KTEP).

| Ano                 | 2001  | 2002  | 2003 | 2004  | 2005  | 2006 | 2007 |
|---------------------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|
| Gás de aterro       | -     | 1027  | -    | 2 814 | 3 173 | 2700 | 2905 |
| Digestores de lamas | -     | 911   | -    | 923   | 932   | 868  | 887  |
| Outros digestores   | -     | 824   | -    | 540   | 854   | 1331 | 2108 |
| Total               | 2 596 | 2 762 | 3219 | 4 277 | 4 959 | 4899 | 5901 |

energia líquida, correspondentes a pelo menos duas vezes mais rendimento de energia obtido pela fermentação alcoólica e 3 vezes mais energia líquida que os biocombustíveis líquidos produzidos com cevada e beterraba, tornando o biogás um combustível muito favorável para o transporte.

Existem numerosos digestores em escala real em operação que são alimentados substrato misto constituído por milho, sorgo, derivados do milho, cereais, rações integrais e misturas de outras culturas energéticas. A produção de colheitas alimentares ou energéticas de alto rendimento (milho, cevada, girassol etc.), apresenta uma forte variação mensal e requer elevada capacidade de armazenamento. Desde 2007, o forte incremento no preço dos cereais e o excessivo custo dos sistemas de digestão anaeróbia tem reduzido substancialmente a viabilidade desta solução (Biogas barometer 2008).

A alternativa é a aplicação do resíduo digerido em culturas herbáceas com colheita sazonal

(silagem de plantas verdes, ervas, cevada invernal, etc.), de preferência se aplicadas em áreas agrícolas marginais, para não competir com a produção de culturas alimentares.

Na Suécia foi proposto o cultivo duma planta herbácea "Ley" para fins energéticos. Esta planta fornece um aumento de dotação do azoto no solo e melhora a sua estrutura e capacidade produtiva. Reduz as necessidades duma custosa fertilização, melhora as propriedades físicas e facilita a gestão. Esta cultura fornece menor energia específica para a digestão, mas minimize as necessidades de armazenamento. Um hectare de terreno cultivado com esta erva produz cerca de 16 ton/ano de biomassa com 35 % de matéria seca. De acordo com Nordberg (2001), a digestão de 11 hectare de terreno cultivado com este substrato pode produzir metano suficiente para produzir 20 MWh por ano de energia.

A cultura de biomassa de herbáceas para a digestão anaeróbia, contribui por diversas vias ao desenvolvimento duma

produção agrícola sustentável. Resolve também problemas com os elementos patogénicos e os insectos devido à rotação das colheitas, reduzindo a necessidades de pesticidas e os custos ambientais e económicos associados ao seu uso (Nordberg, 2001).

#### 4. REDUÇÃO DE EMISSÕES

Portugal, ao ter aderido aos acordos definidos pelo protocolo de Quioto, tem uma cota definida de produção de dióxido de carbono que, ao ser ultrapassada, implica para o país e empresas custos significativos, um investimento sem qualquer retorno ou benefício, um esbanjar de dinheiro. Assim, qualquer novo empreendimento deveria ser bem estudado sob este perfil, pois é um indicador adicional importante da sua validade ou viabilidade, devendo ser associado à avaliação do ciclo de vida e a uma análise Custos/Benefícios ambientais.

A geração controlada de biogás e a sua utilização evita a fuga para a atmosfera de metano,

contribuindo para a contenção dos gases com maior incidência no efeito estufa. Adicionalmente o biogás substitui combustíveis fósseis e reduz emissões, um duplo contributo importante para Portugal poder corresponder aos compromissos assumidos.

A União Europeia deve Reduzir as suas emissões em 8% relativamente aos valores de 1990. Portugal pode aumentar as suas emissões, até 2010, em 27% do valor de 1990, mas as emissões nacionais em 2007 apontam para 38 por cento de emissões de GEE acima de 1990, ou seja, 11 por cento acima do limite fixado pelo Protocolo de Quioto, pelo que é imprescindível aplicar as medidas previstas no Programa Nacional.

A Digestão anaeróbia é um processo que permite baixar significativamente as emissões equivalentes de CO<sub>2</sub> por tonelada de resíduo sólido urbano (RSU) (tabela 2).

#### 5. IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE DIGESTÃO ANAERÓBIA

As vantagens dos sistemas de produção de energia a partir dos resíduos são evidentes, contudo a propagação de sistemas energéticos baseada na digestão anaeróbia dos resíduos é lenta. O Biogás é uma tecnologia madura mas necessita de massa crítica para poder penetrar no mercado e duma estrutura legal, institucional e política muito estável para incentivar os investimentos ambientais.

Requer a cooperação de diversas entidades: produtores de resíduos, agentes que cooperam na área ambiental, autoridades, agricultores etc., que devem

TABELA 2 - Emissões equivalentes de CO<sub>2</sub> da Digestão Anaeróbia aplicada aos resíduos sólidos urbanos (RSU) (Themelis e Verma, 2004).

| Solução tecnológica  | Emissões equivalentes de CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> /tRSU) |
|--|---|
| Separação + Dig. Anaeróbia húmida + Incineração + aterro sanitário | 1,19  |
| Separação + Dig. Anaeróbia seca + aterro sanitário                 | 1,32  |
| Separação + compostagem + Incineração                              | 1,41  |
| Separação + compostagem + aterro sanitário                         | 1,61  |
| Incineração  | 1,58  |
| Aterro sanitário   | 1,97  |

## 2. SISTEMAS DE TRATAMENTO E DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS

Dado que o depósito de resíduos orgânicos biodegradáveis em aterro - a forma predominante de escoamento destes materiais em Portugal e na Europa - deixa de ser uma solução aplicável a longo prazo, as soluções de destino final disponíveis para os resíduos são a incineração e outras tecnologias "térmicas" e a estabilização biológica, seguida pela aplicação na agricultura.

A incineração ou a gasificação eliminam a matéria orgânica dos resíduos e evitam qualquer emissão dos aterros sanitários, gera importantes quantidades de energia e um resíduo higienizado. Esta solução é economicamente viável em sistemas de grande envergadura.

Assim, a Digestão Anaeróbia com valorização agrícola do produto digerido ou de compostagem é a alternativa de tratamento e destino final mais sugerida, pois o terreno necessita da matéria orgânica e dos nutrientes existentes nos resíduos orgânicos, levando à economia de fertilizantes químicos e de água. Quando bem planeada e controlada pode ser vista como uma prática benéfica, tanto pela inclusão de fertilizantes no solo, quanto como fonte de matéria orgânica.

As tecnologias de digestão anaeróbia são actualmente maduras aplicando-se a qualquer tipo de substrato, quer no estado líquido, quer semi-sólido ou sólido. Foram desenvolvidos inicialmente para degradar um substrato específico mas, rapidamente, têm evoluído para o conceito de co-digestão, uma solução baseada em sistemas em grande escala alimentado com substratos de mais diversa origem, deste aos resíduos sólidos urbanos até às culturas energéticas.

A tecnologia de digestão anaeróbia disponível à escala comercial é ainda dispendiosa. Soluções mais simples e simplificadas e acessíveis deveriam ser desenvolvidas para aumentar a sua aplicação em pequena escala. Este é um dos obstáculos mais sérios para a sua difusão,

que pode ser ultrapassado com adequadas medidas estratégicas e de planeamento.

Uma opção interessante para uma estratégia de gestão sustentável é a co-gestão das lamas com a matéria orgânica da fracção húmida dos lixos municipais e de outros resíduos orgânicos (Spinosa L. (2008)). A gestão dos resíduos geralmente conduzida por diversas entidades que actuam no mesmo território, com responsabilidades distintas e diferentes destinos finais, deveria ser assegurada por uma única entidade, aumentando a quantidade de resíduos para alimentar o digestor e a escala do empreendimento.

Esta solução proporciona ainda um melhor controlo do processo biológico e da qualidade dos resíduos a aplicar na agricultura, fornecendo importantes vantagens económicas e operacionais. A integração do lixo implica que seja efectuada a separação na origem da matéria orgânica e a implementação de programas de reciclagem com a participação do público, para maximizar a selecção, sendo esta uma dificuldade a ultrapassar.

## 3. PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DO BIOGÁS

O biogás tem sido produzido e usado durante mais de 150 anos, e o seu potencial tem sido a força motriz da investigação científica na digestão anaeróbia, desde o primor da sua descoberta. As tendências recentes mostram processos mais avançados, baseados na gama termofílica das temperaturas, que podem incrementar em mais de 50 % a produção potencial de biogás.

Novas tecnologias de pré-tratamento, baseadas na aplicação de ultra-sons, na oxidação húmida (Wet oxidation) ou nas hidrólises térmicas, químicas e enzimáticas, tornam os compostos orgânicos complexos mais bio-disponíveis, revelam interessantes avanços potenciais, pois podem incrementar até 50 % o rendimento de metano por digestão anaeróbia e reduzir, proporcionalmente, a matéria orgânica não digerida.

A electricidade produzida a partir das células de combustível pode ter uma eficiência de conversão muito mais elevada em relação ao que é possível obter em sistemas de combustão, sendo consideradas uma tecnologia estratégica para a futura produção de energia eléctrica. As células de combustível são alimentadas com hidrogénio ou directamente por biogás, quando são dotadas de um reformer térmico. Combinando a digestão anaeróbia com as células de combustível obtém-se um uso mais eficiente das energias renováveis. Estas unidades são facilmente reproduzíveis, não geram emissões gasosas e possuem um baixo impacto ambiental, sendo particularmente interessantes para a produção descentralizada de energia. A sua duração e desempenho requerem elevada pureza do biogás, o que dificulta a sua aplicação. Encontram-se em curso numerosos estudos que se dedicam à codigestão de lamas com resíduos e com a aplicação de células de combustível.

Recentes desenvolvimentos nas tecnologias de tratamento do biogás estão tornando viável tratar o biogás de modo a incrementar a sua qualidade até aos níveis necessários para ser injectado na rede de gás natural (biometano).

As micro-turbinas alimentadas a biogás asseguram maior eficiência que os motores convencionais. Podem utilizar combustível com menor qualidade e podem ser adaptados a utilizar qualquer combustível produzido numa central de valorização energética de resíduos. A recuperação do calor dos gases pode ser mais eficiente que aquela retirada dos motores convencionais a combustão interna.

## 4. INTEGRAÇÃO DOS RESÍDUOS COM A AGRICULTURA

A digestão anaeróbia, conjugada com práticas agrícolas, é uma solução para o destino final dos resíduos, permite fechar o ciclo dos nutrientes, evita tratamentos adicionais para adequação a outros meios receptores

e produz mais biomassa para a produção de biogás.

O resíduo digerido possui boas propriedades fertilizantes. Contém a maior parte dos nutrientes contidos na alimentação (fósforo, azoto enxofre etc.) num estado reduzido, a forma mais facilmente assimilável pelas plantas. A sua reutilização em culturas agrícolas seleccionadas é uma opção muito válida, quando contém um nível baixo de compostos tóxicos. A mistura de resíduos com lamas e resíduos agrícolas pode ser otimizada de modo a possuir a melhor razão C/N.

Em alguns países europeus (Alemanha, Suécia, Áustria, Dinamarca etc.), este conceito teve fácil aceitação e foi posto rapidamente em operação (Biogas barometer 2007), promovido pelo excesso de produção de restos de alimentos, pelo elevado preço dos combustíveis e pelas favoráveis tarifas de venda da energia eléctrica nas redes.

Na tabela 1 constam os dados da produção de energia do biogás na Europa (Biogas Barometer 2003-2008), revelando uma forte evolução. A exploração do biogás dos aterros continua a ser a maior fonte energética, mas a sua evolução tem tendência a diminuir à medida que os aterros sanitários envelhecem. Nos últimos anos a produção de biogás a partir dos mais diversos resíduos (industriais, agrícolas, RSU, misturas de resíduos, sistemas colectivos etc.) tem evoluído fortemente e constituirá a maior fonte de produção.

Além de melhorar o sistema de gestão do ciclo de processamento dos resíduos, os investimentos agrícolas ou florestais associados aos resíduos podem constituir uma boa oportunidade de desenvolvimento do meio rural e um bom negócio. A solução mais frequente é a produção de biomassa para alimentar um digestor, mas pode ser destinado a criar matéria-prima para alimentar uma cadeia de Bioenergia, com produção biocombustíveis.

De acordo com De Baere (2007) a digestão anaeróbia de as culturas energéticas (milho) fornece pelo menos 75 GJ/ha de

dialogar um com o outro para avançarem no empreendimento. Existem barreiras não técnicas que bloqueiam, mas que podem ser removidos. São também necessárias soluções apropriadas que melhoram a fiabilidade da tecnologia e a aceitação dos actores-chave e do público em geral.

Em Portugal existe um quadro legislativo adequado e bastante favorável, que define metas concretas em termos de recolha selectiva dos materiais orgânicos biodegradáveis e de eliminação de aterros sanitários. Assim espera-se a entrada de funcionamento de 6-10 unidades de digestão anaeróbia baseadas nos RSU.

Mas não existe a popularidade e entusiasmo verificado em outros países e os sistemas não estão integrados com a valorização agrícola. Os agentes privados ainda não encararam estas iniciativas como uma oportunidade de negócio e uma forma de estimular o desenvolvimento local em zonas agrícolas deprimidas.

A responsabilidade da presente situação pode ser atribuída a diversas barreiras técnicas, não técnicas e económicas: a dificuldade de obtenção dos pontos de venda da energia eléctrica produzida, os procedimentos burocráticos, a dificuldade de negociação entre produtores de resíduos e o baixo preço da energia eléctrica de fonte renovável (117€/MWh), insuficiente para dar cobertura e amortizar estes empreendimentos num prazo razoável. Portanto uma maior difusão desta solução requer mais fundos.

À semelhança da Alemanha, a tarifa da energia eléctrica

deveria premiar as instalações mais eficientes, dando um bónus para o contributo na agricultura local, na contenção das emissões gasosas e na resolução de problemas ambientais, premiando ainda o uso do calor recuperado por cogeração. Esta tarifa composta pode viabilizar facilmente a implementação de sistemas bem concebidos.

No entanto, existem possibilidades adicionais de financiamento em Portugal, que se enquadram no âmbito dos programas europeus e nacionais da área do ambiente (Envireg, QREN), na contenção das emissões gasosas ou para estímulo à agricultura (PRODER), mas a sua articulação com um investimento no biogás pode ser complexa e certamente atrasa as iniciativas, em relação a uma situação em que o investidor teria que lidar apenas com uma tarifa bonificada.

## 6. CONCLUSÕES

Existem um potencial legislativo e excelentes condições tecnológicas para a disseminação de sistemas de Digestão Anaeróbia no tratamento dos resíduos orgânicos do lixo, das indústrias agro-alimentares e da agropecuária, com integração agrícola com o território e a valorização de todas as componentes.

Planeando o sistema em todas as suas vertentes, adoptando uma estratégia de investimento prudente e criando sistemas bem organizados, este sector poderá dar retornos económicos moderados mas seguros e interessantes desde já, para além de contribuir para a evolução da nossa sociedade. ■

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- De Baere, L. (2007). Start-up of continuous dry digestion plant of energy crops. International Conference: Renewable resources and biorefineries. Ghent, Belgium, June 4-6, 2007.
- Nordberg, A., Edström M. (2001). Co-digestion of ley crop silage, straw and manure, homepage2.nifty.com/biogas/cnt/refdoc/whrefdoc/dicodig.pdf.
- Systèmes solaires - Biogas Barometer. Le Journal Des Énergies Renouvelables n° 162- Aug. 2004, n° 167- Jun. 2005, n° 173- May 2006, n° 179- May 2007 and n° 186. - Jun 2008
- Spinosa L. (2008). Co-management of sludge with solid waste: Towards more efficient processing. Water 21-IWA Magazine, Dec. 2008 pp21.
- Themelis N. J., Verma S.; "The better option - Anerobic Digestion of organic wastes in msw". Waste Management World, Jan-Feb. 2004, pp 41-47.

## INOVAÇÃO EM TECNOLOGIAS DE BIOGÁS

Sistemas modulares de  
digestão anaeróbia de  
resíduos agropecuários



carbono  
eficiente

[www.carbonoeficiente.com](http://www.carbonoeficiente.com) | [geral@carbonoeficiente.com](mailto:geral@carbonoeficiente.com)



Envirogas

LÍDER NA CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO  
DE CENTRAIS DE BIOGÁS DE ATERRO

MAIS DE 30 MW NO MERCADO IBÉRICO



[WWW.ENVIROGAS.PT](http://WWW.ENVIROGAS.PT) | [ENVIROGAS@ENVIROGAS.PT](mailto:ENVIROGAS@ENVIROGAS.PT)

T. 22 377 94 55