

## OBTENÇÃO SUSTENTÁVEL DE GÁS DE SÍNTESE: PROSPECÇÃO DAS TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS BASEADA EM PATENTES E ARTIGOS

Layssa Aline Okamura\*<sup>1</sup>; Giancarlo Tomazzoni<sup>1</sup>; Evandro José Lopes<sup>2</sup>; Pedro Ramos da Costa Neto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Química e Biologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Av. Sete de Setembro 3165, CEP 80230-090, Curitiba, Paraná, Brasil (layokamura@yahoo.com.br)*

<sup>2</sup>*Energia Limpa do Brasil LTDA, Estrada dos Crespis S/N, Piên, Paraná.*

### RESUMO

Com o novo cenário mundial voltado às práticas sustentáveis, a uma economia de baixo carbono, e a exigência de mudança na matriz energética mundial voltada à diminuição de dependência dos derivados de petróleo, está se tornando um foco importante de pesquisa à busca por tecnologias que utilizem recursos renováveis e que diminuam ou eliminem a produção de contaminantes e poluentes ambientais, em processos de obtenção de energia. A produção de gás de síntese através da gaseificação de resíduos aparece como uma alternativa renovável e sustentável às formas tradicionais de obtenção de energia. Podendo ser utilizado como combustível alternativo ou como insumo de processo de produção de outros produtos, como amônia e metanol. Este artigo verifica artigos e patentes gerados a respeito deste tema e analisa as perspectivas para a produção sustentável do gás de síntese através da gaseificação de resíduos.

Palavras Chave: gaseificação; resíduos; gás de síntese; biomassa

### ABSTRACT

With the new global scenario turned to sustainable practices, to a low carbon economy, and the requirement of change in the energy world matrix focused on the reduction of dependence on petroleum, is becoming an important focus the research for technologies that use renewable resources and reduce or eliminate the production of environmental pollutants and contaminants in the process of obtaining energy. The production of syngas by gasification of waste appears as a renewable and sustainable alternative to traditional forms of energy production. It can be used directly as a fuel or as an input to a process to obtain other products, as ammonia and methanol. This paper evaluates the patents and articles generated on this subject and evaluate the prospects for sustainable production of syngas by gasification of waste.

Key words: gasification; waste; syngas; biomass

Área tecnológica: Energia (Fontes Renováveis)

## INTRODUÇÃO

A projeção do consumo mundial de energia tende a crescer continuamente nos próximos anos, como conseqüência haverá o aumento de emissões dos gases do efeito estufa na atmosfera, acompanhando a maior demanda de energia (LI et al., 2012). Porém com o aumento da preocupação a respeito das mudanças climáticas e a busca por um sistema sustentável de energia, as tecnologias limpas, eficientes e renováveis deverão ser amplamente estudadas e aplicadas no intuito de amenizar a liberação de gases poluentes na atmosfera.

O processo de gaseificação pode ser considerado uma alternativa viável e sustentável com o objetivo de produzir um combustível gasoso com melhores características de transporte, melhor eficiência de combustão e também que possa ser utilizado como matéria-prima para outros processos (CENBIO, 2002). Atualmente a maior parte das plantas de produção de hidrogênio via gaseificação para obtenção de energia é baseada na gaseificação de carvão mineral (LI et al., 2012). Contudo o carvão mineral é um combustível fóssil e, portanto possui limitação de reservas, desta maneira a busca por materiais alternativos de gaseificação deve ser realizada. Esta é atualmente a maior tendência de estudos e aplicações.

A recuperação de energia das quantidades crescentes de resíduos será muito vantajosa como fonte de energia sustentável e principalmente renovável. A utilização de sistema combinado de tratamento térmico de resíduos e recuperação de energia, também conhecida como “waste-to-energy” (BYUN et al., 2011), ajuda a solucionar dois problemas energéticos iminentes, um envolvendo o aumento e a flutuação do preço de derivados do petróleo, acompanhados da limitação de reservas e outro, que é a ampliação da demanda de energia.

O aproveitamento energético pela conversão de resíduos através da gaseificação é uma alternativa que exige menor separação dos resíduos, usada apenas para os materiais recicláveis e que não podem ser convertidos em energia (metais, vidros, pilhas etc) (LOPES et al., 2011). Além disso, a geração de eletricidade e/ou calor tem grande potencial de mercado com benefícios ao meio ambiente, pois transforma resíduos poluentes e indesejáveis em energia alternativa. A gaseificação de resíduos tem sido proposto e desenvolvido como uma alternativa para a destinação adequada de resíduos com a recuperação simultânea de energia (BYUN et al., 2011), através da produção de gás de síntese adequado para a preparação de vários tipos de combustíveis, como metanol, FT diesel, DME (dimetil éter) e principalmente hidrogênio (MARTÍNEZ et al., 2011). Além disso, biocombustíveis automotivos e outros produtos químicos também podem ser produzidos através de um gás de síntese de boa qualidade (GÖRANSSON et al., 2011).

O objetivo desta prospecção é investigar os principais países que estão contribuindo com o desenvolvimento da tecnologia de gaseificação de resíduos, bem como mostrar os avanços já alcançados. Este processo já é antigo, porém com o avanço da gestão ambiental e a maior preocupação com o meio ambiente, esta está sendo bastante estudada e trabalhada no intuito de potencialmente substituir as tradicionais e poluentes técnicas de produção de energia via combustíveis fósseis.

Para analisar o avanço dos estudos dirigidos a obtenção e utilização do gás de síntese por meio da gaseificação de resíduos foi feita uma prospecção a respeito de artigos e patentes dirigidas ao processo de gaseificação de resíduos, ou seja, produção de forma sustentável de gás de síntese. Para isso foi utilizadas as base de dados do European Patent Office (EPO), do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e do SCOPUS (base de dados para resumos e citações de artigos).

## GASEIFICAÇÃO

O processo de gaseificação é a conversão de material carbonáceo sólido ou líquido (alimentação), em um gás energético, através da oxidação parcial à elevada temperatura (500°C – 1400°C) e pressão variável (atmosférica à 33 bar) (MORRIN et al., 2011). Durante a gaseificação, a maior parte do material de alimentação é termicamente decomposto na forma de gás, porém pequenas quantidades de subprodutos são também formadas, incluindo alcatrão, carvão e cinzas (COHCE et al., 2011). Dependendo do design e condições operacionais do reator o processo também pode gerar metano e hidrocarbonetos (SINGH et al., 2011).

Apesar do processo de gaseificação ser composto por reações complexas, ainda não inteiramente conhecidas, de forma introdutória pode ser simplificado em alguns passos (Cenbio, 2002; Morrin, Lettieri *et al.*, 2011): (1) Etapa de pirólise, decomposição térmica da matéria prima (no caso resíduo) na ausência de oxigênio. O vapor d'água, líquidos orgânicos e gases não condensáveis são separados da parte sólida (carvão e cinzas); (2) Oxidação parcial do carbono fixo do combustível (resíduo), que constitui a fonte de energia térmica para o processo de volatilização e gaseificação; (3) A etapa de gaseificação inclui reações heterogêneas entre os gases e o coque, e reações homogêneas entre os produtos já formados; (4) Craqueamento do alcatrão, destruição térmica das moléculas dos compostos que constituem o alcatrão, obtendo como produtos CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e outros gases; (5) Oxidação parcial dos produtos da etapa de pirólise.

O processo de gaseificação envolve reações químicas endotérmicas que requerem calor e produzem principalmente monóxido de carbono e hidrogênio. Existem dois tipos de gaseificação, uma indireta e outra direta. Na gaseificação direta, o processo acontece em um único reator, onde a oxidação exotérmica do carbono também ocorre. Gaseificadores diretos operam normalmente usando ar ou oxigênio como agentes oxidantes. Neste caso todo o calor necessário ao processo é produzido internamente dentro do reator (VITASARI et al., 2011). Se o processo não ocorre com a ajuda de um agente oxidante, é conhecido como gaseificação indireta e precisa de uma fonte de energia externa. Vapor d'água é o agente de gaseificação mais comumente utilizado na gaseificação indireta, pois é facilmente produzido e aumenta a quantidade de hidrogênio no gás combustível produzido (SINGH et al., 2011).

O processo de gaseificação é composto por uma seqüência de operações que possibilitam a geração de uma mistura de gases combustíveis, através da volatilização e transformações químicas dos resíduos, desta maneira eliminando o passivo ambiental (LOPES et al., 2011).

## ESCOPO

O escopo de pesquisa visou garantir que a maior parte das patentes e dos artigos envolvendo a produção de gás de síntese a partir de resíduos bem como da purificação do mesmo fosse localizada e processada. A busca através dos códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) mostrou-se inadequada para o estudo em questão, visto que, os temas gaseificação de resíduos sólidos e purificação de gás de síntese estão classificadas em diferentes áreas. Diante disso, a pesquisa nas bases de dados de patentes (EPO e INPI) foi realizada utilizando apenas a palavras-chave que descrevem a tecnologia de interesse.

As patentes foram selecionadas em novembro de 2011 através da base de dados do “European Patents Office” (EPO) buscando as palavras “gasification” (gaseificação) e “waste” (resíduo) no título ou no resumo. Para comparação foram também buscadas patentes depositadas no Brasil na

base de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial com as mesmas palavras-chave: gaseificação e resíduos.

Para a busca de artigos foi utilizada a base de dados Scopus, utilizando as mesmas palavras-chave selecionadas para as patentes, dos artigos publicados sobre os assuntos procurados, somente os que realmente se relacionavam ao tema foram selecionados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação a pesquisa realizada na base de dados Scopus, a Figura 1 apresenta os resíduos mais utilizados na gaseificação, e de acordo com a mesma verifica-se a enorme quantidade de artigos que evidenciam a pesquisa na área de gaseificação de resíduos, utilizando uma grande variedade de resíduos para os mais diversos fins, como produção de calor, energia elétrica e combustíveis. É possível notar o grande volume envolvendo pesquisa com biomassa em geral, o que demonstra a grande preocupação da comunidade científica na busca por materiais renováveis para geração de energia e combustíveis. Como a gaseificação além de ser um processo de obtenção de energia também é um processo de destruição de resíduos ela se torna bastante interessante para destruição de grande parte dos resíduos perigosos, como o licor negro e os resíduos hospitalares e que possuem destinações limitadas à incineração.

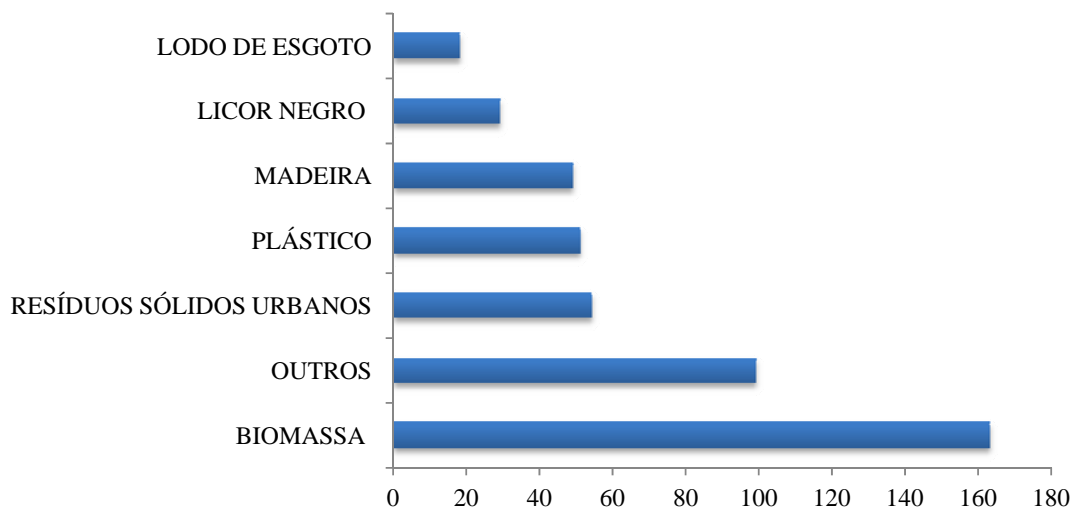


Figura 1: Resíduos mais utilizados na gaseificação de acordo com os artigos encontrados.  
Fonte: Autoria própria, 2012.

Das buscas realizadas por artigos e patentes que descrevessem processos de obtenção de energia via gaseificação de resíduos foram obtidas 446 patentes, tanto brasileiras como internacionais, e 656 artigos.

Foram encontradas 433 patentes internacionais sobre gaseificação de resíduos, enquanto no Brasil encontrou-se apenas 13 patentes referentes ao tema. A primeira patente internacional, relacionada a este tema foi publicada em 1974 e era referente ao processo de gaseificação de resíduos sólidos para

a obtenção de um gás com British Thermal Unit (BTU) elevado. Já a primeira patente brasileira foi publicada em 1991, ou seja, 17 anos mais tarde e, se referia a um processo térmico de incineração de resíduos orgânicos e biológicos, em que se incluíam etapas de gaseificação e combustão em fase gasosa. Estes dados, bem como a Figura 2, demonstram a prematuridade nas pesquisas relativas ao assunto em questão dentro do Brasil e principalmente a falta de preocupação em publicar novas patentes relacionados a esta seja devido à falta de cultura no país em patentear ou à falta de incentivo político. O número de patentes brasileiras ainda é muito pequeno se comparado a de países desenvolvidos como Japão, Estados Unidos e Alemanha e até mesmo, países em desenvolvimento como é o caso da África do Sul, Coréia do Sul e principalmente China, que possui um numero bastante elevado de patentes, como demonstrado na Figura 3. Essa mesma tendência acontece para as publicações de artigos na área pesquisada.

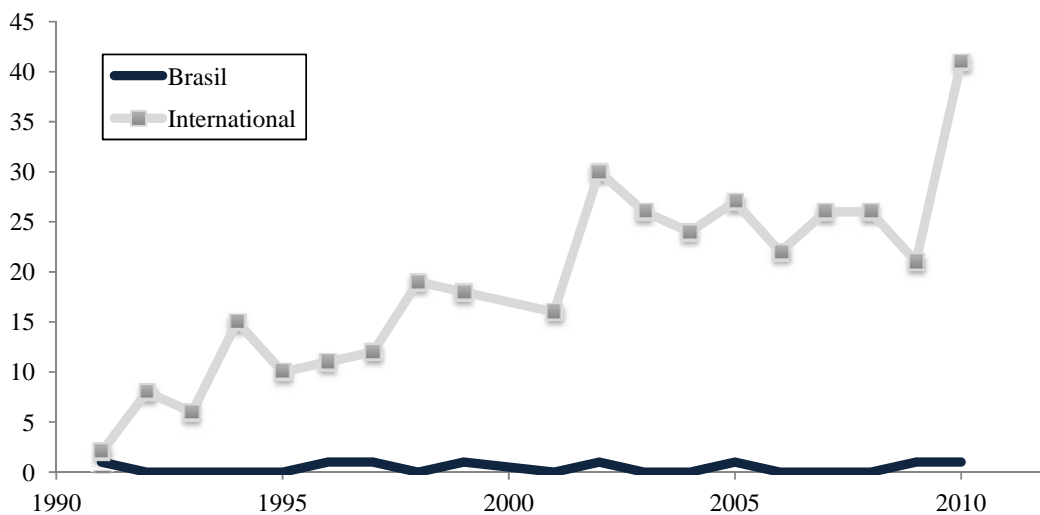


Figura 2: Número de patentes Brasileiras e Internacionais de acordo com o INPI e o EPO. Fonte: Autoria própria, 2012.

Através da Figura 3 verificam-se os principais países detentores do conhecimento nesta área, como é o caso dos Estados Unidos, Japão, China, Alemanha, Canadá e Coréia do Sul, que estão entre os 10 países que mais produzem patentes e artigos com o tema gaseificação de resíduos, o que nos leva a crer que existe uma intensa preocupação quanto às questões ambientais e energéticas nestes países. Gerando incentivos à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico na área de tecnologias limpas para geração de energia.

A utilização de resíduos de qualquer tipo na gaseificação para a obtenção de energia é atualmente a maior tendência de estudos e aplicações. Verifica-se na Figura 4 o grande avanço no número de pesquisas relacionadas à utilização de resíduos no processo de gaseificação. Esta tendência demonstra a grande preocupação atual em se desenvolver tecnologias capazes de produzir energia utilizando materiais renováveis e processos menos poluentes. Através das Figuras 4 e 5, também é possível verificar que a aplicação e as pesquisas com este tema já não são tão recentes, tendo em vista que as primeiras patentes e artigos surgiram no início da década de 70. A partir da década de

90 a produção de patentes e artigos se intensificou, demonstrando o início da preocupação ambiental e conseqüentemente o desenvolvimento de tecnologias alternativas de obtenção de energia e destinação de resíduos menos poluentes e impactantes.

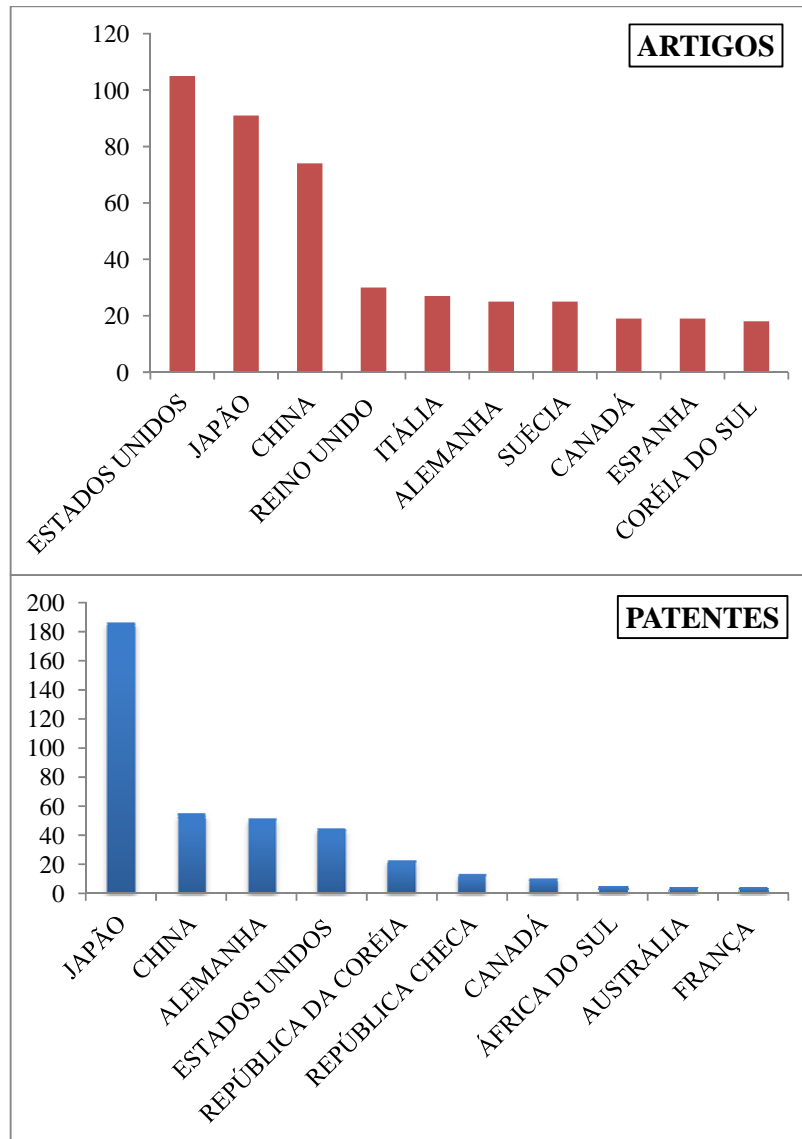


Figura 3: Os 10 países que mais publicam artigos e patentes envolvendo o tema “gaseificação de resíduos”. Fonte: Autoria própria, 2012.

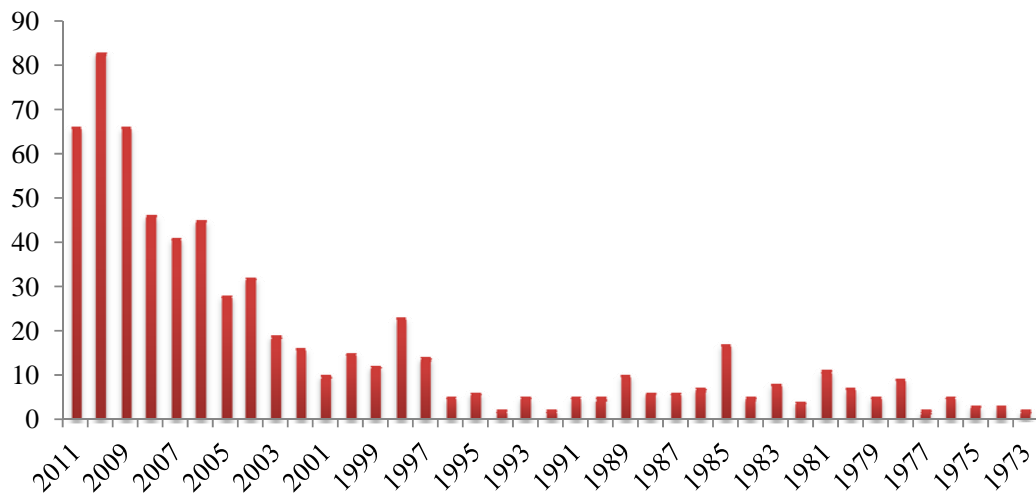


Figura 4: Total de artigos publicados a respeito de gaseificação de resíduos. Fonte: Autoria própria, 2012.

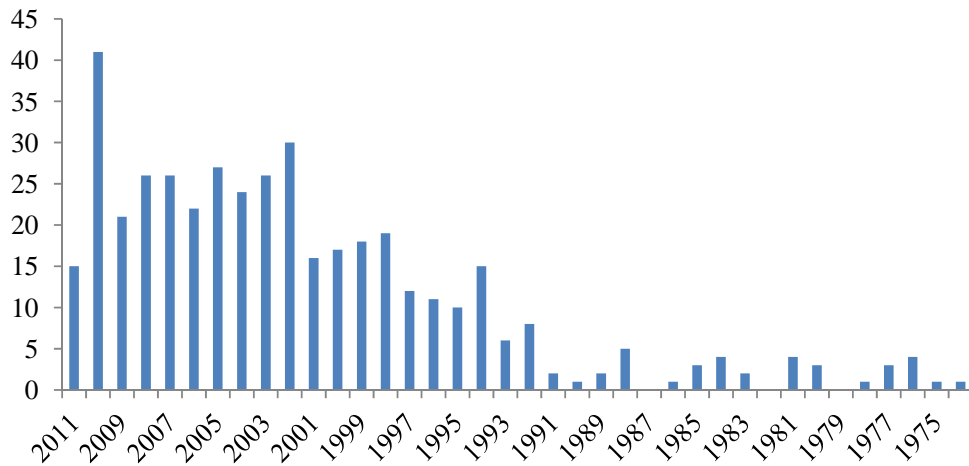


Figura 5: Total de patentes publicadas a respeito de gaseificação de resíduos. Fonte: Autoria própria, 2012.

Através dos dados adquiridos pela pesquisa nas bases de dados, tanto de patentes quanto de artigos, evidencia-se a grande preocupação com a questão ambiental e energética nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Os dados mostram também o grande potencial que a gaseificação de resíduos tem neste cenário, visto que o mesmo pode ser aplicado com diferentes tipos de resíduos para produção de energia térmica e elé. Através dos dados adquiridos pela pesquisa nas bases de dados, tanto de patentes quanto de artigos, evidencia-se a grande preocupação com a questão ambiental e energética nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Os dados mostram também o grande potencial que a gaseificação de resíduos tem neste cenário, visto que o mesmo pode ser aplicado com diferentes tipos de resíduos para produção de energia térmica e elétrica.



## PERSPECTIVAS

Embora não se espere grandes mudanças na matriz energética mundial, em termos de dependência de combustíveis fósseis a curto e médio prazo, a sua disponibilidade limitada e os impactos ambientais gerados pelo uso dos mesmos, especialmente no que se refere a mudanças climáticas, fará com que as novas fontes de energias e novas tecnologias sejam estudadas e aplicadas. A gaseificação de resíduos mostra-se como uma alternativa bastante interessante para substituição de parte das fontes atuais de energia, considerando ainda o caráter de reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos. Espera-se que nos próximos anos a aplicação de gaseificação de resíduos sólidos seja efetivamente empregada tanto no tratamento de resíduos como para geração de energia. Apesar do grande avanço na tecnologia de gaseificação de biomassa, como por exemplo, para pneus e polímeros, outros resíduos ainda estão sendo empregados em fase de testes. Espera-se que em um curto espaço de tempo outros tipos de materiais possam ser aplicados de maneira eficiente podendo substituir boa parte das tecnologias tradicionais de obtenção de energia térmica, elétrica e de combustíveis.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

- BYUN, Y. et al. Hydrogen recovery from the thermal plasma gasification of solid waste. **Journal of Hazardous Materials**, v. 190, n. 1-3, p. 317-323, 2011.
- CENBIO. **Estado da Arte da Gaseificação: Comparação entre tecnologias de gaseificação de biomassa existentes no Brasil e no exterior e formação de recursos humanos na Região Norte**. 108 p. 2002.
- COHCE, M. K.; DINCER, I.; ROSEN, M. A. Energy and exergy analyses of a biomass-based hydrogen production system. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 18, p. 8466-8474, 2011.
- ENERGIA LIMPA DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS S/A (BR/PR). Evandro José Lopes; Marcos Aurélio Wipprich; Maximiliano Bernardi. **Processo de produção de combustível industrial a partir de resíduos sólidos urbanos**. BRPI1000573-0. 10 fev. 2010.
- GÖRANSSON, K. et al. Review of syngas production via biomass DFBGs. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 1, p. 482-492, 2011.
- LI, M.; RAO, A. D.; SCOTT SAMUELSEN, G. Performance and costs of advanced sustainable central power plants with CCS and H<sub>2</sub> co-production. **Applied Energy**, v. 91, n. 1, p. 43-50, 2012.
- MARTÍNEZ, J. D. et al. Experimental study on biomass gasification in a double air stage downdraft reactor. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 8, p. 3465-3480, 2011.
- MORRIN, S. et al. Two stage fluid bed-plasma gasification process for solid waste valorisation: Technical review and preliminary thermodynamic modelling of sulphur emissions. **Waste Management**, v. 32, n. 4, p. 676-84, 2011.



---

SINGH, R. P. et al. An overview for exploring the possibilities of energy generation from municipal solid waste (MSW) in Indian scenario. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n Volume 15, n. 9, p. 4797–4808, 2011.

VITASARI, C. R.; JURASCIK, M.; PTASINSKI, K. J. Exergy analysis of biomass-to-synthetic natural gas (SNG) process via indirect gasification of various biomass feedstock. **Energy**, v. 36, n. 6, p. 3825-3837, 2011.