

ANÁLISE DA CO-GASEIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE BIOMASSA NA SERRA CATARINENSE E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA AMBIENTAL DESTA TECNOLOGIA

William Gouvêa Buratto¹²⁶
Valdeci José Costa²
Camilo Bastos Ribeiro³
Matheus Vitor Diniz Gueri⁴

RESUMO

A cogaseificação de resíduos de biomassa é uma tecnologia promissora a qual pode elevar a eficiência energética e ecológica de uma planta térmica. No presente estudo foi realizada análise imediata de resíduos de pinus e falha de pinhão para a caracterização energética e verificação da viabilidade de implementação de uma unidade térmica à gaseificação com ciclo combinado na Região da Serra Catarinense. Verificou-se que os resíduos possuem características que proporcionam um potencial de combustão favorável, no entanto devem ser realizados métodos de pré-tratamento destes para elevar o potencial calorífico do gás gerado. A gaseificação à ciclo combinado demonstra potencial para ser implantada, no entanto devem ser fortalecidas políticas para o incentivo de tecnologias e redução de custos nesta área de modo a favorecer investimentos neste processo o qual possui eficiência energética e ecológica elevadas em comparação à tecnologias convencionais.

PALAVRAS-CHAVE: Co-gaseificação; Biomassa; Resíduos de Pinus; Falha de Pinhão; Serra Catarinense; Ciclo combinado.

1 INTRODUÇÃO

A gaseificação é a conversão de combustível líquido ou sólido em gás energético por meio da oxidação parcial à temperatura elevada, em reatores denominados gaseificadores, sendo este gás denominado gás de síntese que pode

¹²⁶Graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade do Planalto Catarinense / Avenida Castelo Branco, 170 - Universitário, Lages - SC - CEP:88509-900, E-mail: williamburatto@gmail.com

²Doutor em Engenharia Mecânica, Professor adjunto do curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Planalto Catarinense e Professor adjunto do curso de Engenharia Ambiental da Udesc, Lages/Avenida Castelo Branco, 170 - Universitário, Lages - SC, CEP:88509-900, E-mail: prof.valdeci@uniplaclages.edu.br

³ Engenheiro Ambiental, Mestrando em Bioenergia pela Universidade Estadual do Centro-Oeste, campus de Irati / PR 153 Km 7 - Riozinho - CEP 84500-000. E-mail: cb_ambiental@hotmail.com.

⁴ Engenheiro Ambiental, Mestrando em Bioenergia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus Cascavel / Rua Universitária, 2069 - Jardim Universitário - CEP: 85.819-110. E-mail: mgueri@hotmail.com



ser utilizado no setor de transporte, como matéria-prima de outros processos e elevando a eficiência da combustão para geração termoelétrica. Sendo que a co-gaseificação é a mistura de dois ou mais materiais em um gaseificador tendo como vantagens o aumento da eficiência global e a flexibilidade da alimentação além de elevar a produção de gás e reduzir a concentração dos poluentes do processo de gaseificação que são o alcatrão e as cinzas em comparação com a gaseificação de somente uma matéria-prima (OLIVEIRA, 2014; PARODI; SANCHEZ, 2002).

O ciclo combinado é a geração de energia elétrica por dois ou mais processos termodinâmicos, sendo que está sendo amplamente utilizado o ciclo Rankine e ciclo Brayton que combina a turbina a vapor e turbina a gás para potencializar a maior geração de energia elétrica em unidades termoelétricas (OLIVEIRA, 2014).

A gaseificação a ciclo combinado é uma tecnologia promissora ao aumento da eficiência termodinâmica de operações de plantas além de possuir um desempenho ambiental de alto potencial, reduzindo as emissões de gases poluentes como o CO₂, SO_x e NO_x e também a menor emissão de materiais particulados. Neste ciclo é aproveitado o calor gerado para produzir maior quantidade de energia. No entanto esta tecnologia demanda investimentos mais altos às tecnologias convencionais, tendo menor viabilidade econômica devido aos parâmetros de período de construção e menores experiências de operação nestas plantas de potência (BROWN et al., 2002).

O Brasil está inserido no desenvolvimento internacional da tecnologia de gaseificação que tem vantagens ambientais, sendo um processo que absorve carbono da atmosfera e o Brasil encontra-se em estágio avançado entre outros países usando materiais renováveis para a produção de gás, como resíduos de madeira, cana-de-açúcar e folhas (KINTO et al., 2002).

Henriques (2009) estima que, com a tecnologia de gaseificação, com o maior rendimento, a gaseificação de biomassa poderia fornecer 50% da matriz elétrica brasileira e pode aumentar esta percentagem se considerar outros resíduos que ainda não estão sendo aproveitados.

A gaseificação a ciclo combinado está sendo amplamente estudada no setor sucroalcooleiro devido à demanda de resíduos do processo produtivo de etanol e açúcar o qual gera o bagaço que pode ser utilizado como matéria-prima para o processo, podendo elevar a oferta de eletricidade em comparação a tecnologias convencionais e tendo um maior desempenho ambiental também (MACHIN, 2015).

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.473-481, dez. 2015.

Diversos resíduos são analisados e estudados de acordo com a demanda de resíduos de biomassa de diferentes regiões do país, como a casca de arroz, o qual pode ser utilizado para elevar o potencial energético devido a sua alta produção, especialmente no estado do Rio Grande do Sul. Por meio de resultados de modelagem térmica obteve-se que termelétricas com capacidade de 10 MW são viáveis, tendo elevadas taxas de eficiência energética, contudo, o Brasil produz 32,61 MW utilizando a casca de arroz, no entanto, tem potencial para gerar 268,69 MW (OLIVEIRA, 2014).

A Serra Catarinense apresenta grande concentração de resíduos de biomassa na região, tendo um alto potencial energético para geração de energia elétrica. Há 70 milhões de árvores de pinus na região de Lages / SC ocupando o terceiro lugar no mundo em área reflorestada com espécie pinus, atrás apenas da Suécia e da Finlândia (OLIVEIRA, 2014). Friedrichs et al., (2011) estimou que a Serra Catarinense produziu 1.009.273 toneladas de resíduos florestais, sendo 24% destes provenientes das indústrias de polpa e de celulose e 76% das outras finalidades (processamento mecânico). Cerca de 43% destes resíduos foram encontrados nos campos e 57% nas indústrias de processamento de madeira.

A produção de pinhão na Serra Catarinense em 2014 foi de aproximadamente 8.750 toneladas sendo um importante recurso local fazendo parte da cultura regional e uma fonte de renda para muitas famílias agrícolas na região. Estima-se que do peso total da pinha, cerca de 68% seja de falha de pinhão e o valor do poder calorífico superior é apropriado para a geração de eletricidade, sendo estimado em 4.810 kcal / kg (OLIVEIRA et al., 2010; ZECHINI et al., 2012).

As principais condições analisadas na viabilidade deste processo são os tipos de gaseificação, o abastecimento contínuo de matéria-prima, necessário para manter a operação contínua de uma planta térmica e a purificação do gás de síntese, o qual, posteriormente, providenciará a geração de eletricidade.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

No presente estudo foram avaliados três tipos diferentes de biomassa: serragem, maravalha de pinus e a falha de pinhão, com o objetivo de verificar se estes resíduos apresentavam aptidão para a co-gaseificação e também analisar os parâmetros que poderiam ser otimizados durante este processo.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.473-481, dez. 2015.

Estes resíduos, depois de coletados foram moídos para que obtivessem uma mesma granulometria para todas as amostras garantindo a uniformidade e distribuição destes no gaseificador.

Por meio do aparelho denominado analisador termogravimétrico (TGA-2000) foi realizada análise imediata em triplicata para cada um destes resíduos e por meio de diferentes taxas de aquecimento, obteve-se o teor de umidade, cinzas e teor de voláteis. As temperaturas finais para cada etapa do processo foram, respectivamente, 105 °C, 700 °C e 900 °C. Foram utilizadas as taxas de aquecimento de 5 °C, 15 °C e 30 °C, com atmosfera de nitrogênio a uma vazão de 2 L/min.

Figura 1: Analisador Termogravimétrico



Fonte: elaborada pelos autores, 2015.

Figura 2: Amostras no analisador Termogravimétrico



Fonte: elaborada pelos autores, 2015.

O carbono fixo foi calculado através da diferença com os valores encontrados para o teor de voláteis, umidade e cinza (SANCHEZ, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi realizada análise imediata dos resíduos de pinus e falha de pinhão, com o objetivo de analisar a viabilidade de implantação em um sistema de co-gaseificação, visando o aumento da eficiência global do processo como um todo, proporcionando maior volume do gás de síntese e reduzindo compostos poluentes provenientes da gaseificação como o alcatrão e a cinza.

Tabela 1: Análise imediata dos resíduos de pinus e falha de pinhão

Análise Imediata (Peso % dB)				
Materiais	Umidade	Voláteis	Cinzas	Carbono fixo
Maravalha de Pinus 01	14,49	77,218	0,901	7,391
Maravalha de Pinus 02	14,38	77,095	0,693	7,832
Maravalha de Pinus 03	14,43	77,463	0,399	7,708
Serragem de Pinus 01	14,97	75,885	0,449	8,696
Serragem de Pinus 01	15,15	78,131	0,67	6,049
Serragem de Pinus 01	15,01	77,606	0,89	6,494
Falha de pinhão 01	54,06	43,806	0,263	1,871
Falha de pinhão 02	53,83	43,206	0,163	3,801
Falha de pinhão 03	53,71	42,487	0,123	3,68

Fonte: elaborada pelos autores, 2015

A serragem de pinus e maravalhas obtiveram teor de umidade semelhante, da ordem de 15%, enquanto que os valores médios encontrados na literatura para biomassa giram entorno de 55%, por conseguinte, estas matérias-primas têm um valor apropriado para o processo de gaseificação em função do teor de umidade baixa, o que aumenta o potencial de aquecimento e reduz o calor consumido para produzir vapor.

Na análise da falha de pinhão, o resultado é acima da média do teor de umidade da biomassa citada na literatura, no entanto, o teor de cinzas é inferior á serragem e maravalha de pinus, o que pode otimizar o processo de gaseificação, devido à redução do volume de cinzas produzidas. Bocci et al. (2014) mostram que as cinzas são um grande obstáculo para a viabilidade econômica de gaseificação de biomassa, tendo em conta que a elevada concentração de cinzas causa aglomeração, deposição e corrosão no equipamento.

Para aumentar o potencial da co-gaseificação, a falha de pinhão tem que ser pré-secada, pois a umidade presente neste material é bastante elevada, reduzindo o poder calorífico superior do gás. De acordo com Vissoto et al. (2013), existe a necessidade de se realizar a secagem da matéria-prima através da armazenagem ou a alta pressão para reduzir o teor de umidade. Se a umidade for superior a 50% pode trazer a perda de ignição de biomassa e, principalmente, parar o processo no reator de leito fluidificado (VISSOTO et al., 2013).

O tamanho das partículas desempenha papel dominante num processo de gaseificação. A análise de seu tamanho consiste em determinar frações de massa de matéria-prima, a fim de se dimensionar o sistema de alimentação do gaseificador. No presente estudo foi obtido o tamanho de partícula de serragem e maravalhas que têm 600 micras e 1,4 mm, respectivamente. Em um reator de leito fluidizado não há necessidade de um processo uniforme do tamanho e forma da matéria-prima para assegurar a homogeneidade e gaseificação eficiente (BOCCI et al., 2014).

O teor de voláteis de biomassa é importante para prever o comportamento da chama produzida e o desprendimento de gases que se formam como monóxido de carbono, durante o aumento de temperatura no gaseificador (SANCHEZ, 2010). Nas serragens e maravalhas de pinus, o resultado médio obtido foi de 77%, enquanto a falha de pinhão tem um valor médio de 43%.

Neste estudo os resíduos de pinus tem alto teor de voláteis, e isto aumenta a reatividade e conseqüentemente a ignição, acelerando a combustão, que dificulta o controle do processo de gaseificação. A mistura de diferentes resíduos reduz a taxa de matéria volátil otimizando e assegurando o controle do processo (VIEIRA et al., 2013).

As características da serragem de pinus em comparação à Nikoo (2008), apresentaram resultados semelhantes em análise percentual e indicaram que a temperatura mais elevada melhora o processo de gaseificação e aumenta a produção de hidrogênio.

Na tecnologia de gaseificação à ciclo combinado há a redução do consumo de água, devido ao ciclo de vapor produzir menos de 40% da potência da planta, reduzindo ainda o volume de efluentes líquidos no consumo da planta e do resfriamento, conseqüentemente proporcionando menor consumo de energia. O consumo de água é aproximadamente de 30 a 60% do consumido pelas tecnologias convencionais (BROWN et al., 2002).

A eficiência do processo termodinâmico e ecológico de plantas de gaseificação de biomassa integrada com o controle dos poluentes possuem os melhores índices em comparação com outras tecnologias, sendo que neste processo pode ocorrer a captura de carbono no estágio de pré-combustão podendo ser aderido o incentivo de crédito de carbono, reduzindo o tempo de amortização do investimento e também contribuindo com o desenvolvimento sustentável devido à redução de emissão de poluentes á atmosfera. (LORA; SALOMON, 2005; PINHEIRO, 2014).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gaseificação de biomassa à ciclo combinado consiste em uma tecnologia eficiente termodinamicamente, além de tornar o processo de combustão mais sustentável, este processo tende-se a desenvolver a partir de estudos científicos e aplicados, principalmente no Brasil, pois esta tecnologia está em fase de desenvolvimento. No entanto, pela ampla base de pesquisas, em um futuro próximo, pode tornar-se viável economicamente, considerando que esta tecnologia demanda menor consumo de água e eleva a produção de energia, os quais são insumos importantes na geração termoelétrica.

Com a utilização do resíduo da cadeia produtiva de pinhão que consiste na falha de pinhão para geração de energia, esta pode tornar-se uma nova fonte de renda para os produtores rurais e também pode ser acrescentado um incentivo ás indústrias devido ao crédito de carbono gerado. No entanto são necessárias políticas públicas que podem colaborar com a implementação da tecnologia de gaseificação à ciclo combinado no país.

Devido à sazonalidade da produção de pinhão da região podem ser pesquisados e utilizados outros residuos com potencial energético, para realizar a cogaseificação destes com os materiais lignocelulósicos, como os residuos sólidos municipais e lodos de estações de tratamento, a fim de utilizar todo o potencial regional para as diversas finalidades do gás de síntese devido à capacidade do gaseificador de processar diversos materiais.

CO-GASIFICATION ANALYSIS OF BIOMASS WASTES IN THE CATARINENSE SAW AND EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF THIS TECHNOLOGY

ABSTRACT

The co-gasification of biomass wastes is a promising technology, which can increase the energetic and ecological efficiency of a thermal plant. In this present study was performed immediate analysis of pine wastes and pine-fruit failure for the energetic characterization and verification of the viability and implementation of thermal plant in the Catarinense Saw. It was been found that the wastes have characteristics that provide a favourable combustion potential, although there is a need of perform the pre-treatment methods to increase the heating value of the generated gas. The cycle combined gasification demonstrate potential to be utilized, however is necessary carry out public policies for the stimulation of this technology and cost reduction to encourage investments in this process, which have higher energetic and ecological efficiency in comparison of conventional technologies.

KEYWORDS: Co-gasification; Biomass; Pine wastes; Pine-nut failure; Catarinense Saw; Combined cycle

REFERÊNCIAS

BOCCI, E., SISSINI, M., MONETTI, M., VECCHIONE, L., DI CARLO, A., VILLARINI, M. **State of art of small-scale biomass gasification power systems: a review of the different typologies**. Energy Procedia, v.45, p. 247-256, 2014.

BROWN, J. A. R., MANFREDO, L. M., HOFFMANN, J. W., RAMEZAN, M. **An environmental assessment of IGCC Power Systems**. Presented at the Nineteenth Annual Pittsburgh Coal Conference, 2002.

FRIEDRICH, G., BRAND, M. A., NONES, D. L., JACINTO, R. C., ALEGRETTI, G. **O potencial de resíduos florestais da Serra Catarinense**. In 4th seminário brasileiro de gestão ambiental na agropecuária. p.112-118.

HENRIQUES, R. M. **Potencial para geração de energia elétrica com resíduos de biomassa através da gaseificação**. COPPE, UFRJ, 2009.

KINTO, O. T., GALVAO, L. C. R., GRIMONI, J. A. M., UDETA, M. E. M. **Energia da gaseificação de biomassa como opção energética de desenvolvimento limpo**. In Proceedings of the fourth Encontro de Energia no Meio Rural, 2002, Campinas (SP) [online]. 2002 [cited 07 July 2015]. Available from: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022002000100061&lng=en&nrm=iso

LORA, E. E. S., SOLOMON, K. R. **Estimate of ecological efficiency for thermal power plants in Brazil**. Energy Conversion and Management, v.46, p. 1293-1303, 2005.

MACHIN, E. B. **Análise técnica, econômica e ecológica da incorporação do sistema de gaseificação de bagaço de cana-de-açúcar no setor sucroalcooleiro: Uso de ciclos combinados para o aumento da oferta de eletricidade**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.473-481, dez. 2015.

NIKOO, M. B., MAHINPEY, N. **Simulation of biomass gasification in fluidized bed reactor using ASPEN PLUS**. Biomass & Bioenergy, v.32, p.1245-1254, 2008.

OLIVEIRA, J., LOPES, G. P. R. D., BRUTTI, R. C. **Caracterização energética da “falha do pinhão”**. VI Simpósio de Pós-graduação em Ciências Florestais, Lages, Brasil, 2010.

OLIVEIRA, L. C., BERTOL, I., CAMPOS, M. L., JUNIOR, J. M. **Erosão hídrica em plantio de pinus, em estrada florestal e em campo nativo**. Revista Floresta, vol.44, 2014.

PARODI, F. A., SÁNCHEZ C. G. **Aspecto da Co-gaseificação de resíduos agroindustriais e municipais**. In 4^o Encontro de energia no meio rural, 2002, Campinas (SP).

PINHEIRO, A. M. S. **Análise energética e econômica simplificada de plantas de potência integradas com gaseificação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) Universidade de Brasília, Brasília, 2014, 103 f.

SÁNCHEZ, C. G. **Tecnologia da gaseificação de biomassa**. Campinas, SP: Átomo, 2010, p. 189.

VISSOTO, J. P. **Cogaseificação de Serragem de Pinus e lodo de esgoto em leito fluidizado**. Dissertação de Mestrado, Dept. Engenharia Mecânica, Univ. Campinas. Campinas, 2013.

ZECHINI, A. A., SCHUSSLER, G., SILVA, J. Z., MATTOS, A. G., PERONI, N., MANTOVANI, A., REIS, M. S. **Produção, comercialização e identificação de variedades de pinhão no entorno da Floresta Nacional de Três Barras-SC**. Revista científica Biodiversidade Brasileira. Instituto Chico Mendes-Ministério Meio Ambiente, v.2, 2012.