

## ELETRICIDADE PROVENIENTE DE BIOMASSA: ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

**Manasses Guimarães Carneiro** – aerosmane@hotmail.com  
**Paulo Sérgio Rodrigues de Araújo** – paulo.araujo@unifacs.br  
**Kléber Freire da Silva** – kfreire@unifacs.br  
Universidade Salvador; Mestrado em Energia

**Resumo.** *A pressão contemporânea da sociedade quanto a alternativas de produção de energia com mecanismos de desenvolvimento mais limpo tem sido uma premissa dentro do cenário de aumento de demanda e escassez de oferta energética. No setor elétrico nacional a dependência da geração hidroelétrica associada às mudanças climáticas e pluviométricas tem sido fatores preponderantes à busca de alternativas de geração e alívio do sistema elétrico brasileiro. As fontes de baixo impacto de carbono tornaram-se uma premissa governamental objetivando minimizar emissões de gases de efeito estufa. Tecnologias alternativas como a geração eólica e solar tornaram-se uma realidade na matriz energética em alguns países. No Brasil a produção de biomassa possui um papel de destaque, sendo utilizada como fonte renovável na geração de energia. Nesta revisão temática, abrangendo o período entre 1998 e 2015 sobre a geração de energia elétrica a partir de biomassa, foram abordados aspectos de aplicações no Brasil, tecnologias adotadas, eficiência e exequibilidade. Observou-se a diversidade de empregabilidade (alimentação, setor industrial, E2G, reposição orgânica de solos) associada à baixa eficiência como fatores limitantes à utilização como combustível à geração de energia elétrica. Contudo, novas tecnologias, subsídio governamental e baixa emissão de CO<sub>2</sub> são fatores potenciais no cenário descentralizado brasileiro de geração de energia elétrica a partir destes resíduos.*

**Palavras-chave:** Biomassa, sustentabilidade, geração de energia elétrica.

### 1. INTRODUÇÃO

O Ministério da Agricultura projetou em 2013 que até 2023 o Brasil aumentaria sua produção agrícola exercendo um papel de destaque para o abastecimento global de alimentos em um cenário com elevação de preços (Brasil, 2013). Em Brasil (2015b) o cenário muda drasticamente em virtude da queda dos preços nos produtos analisados, neste documento não se avalia o poder energético destes insumos, somente é estudada a produção agrícola como produtos alimentícios.

Biomassa é toda matéria orgânica que pode ser transformada em qualquer fonte de energia de maneira direta ou indireta (ANEEL, 2008). A biomassa pode gerar diversas fontes de energia, a mais antiga e comum delas é a queima direta da biomassa produzindo calor (Demirbas, Balat e Balat, 2009), no entanto com a evolução da tecnologia a biomassa passou a derivar outros produtos energéticos como o biocombustível (etanol e biodiesel) e o biogás sendo considerada uma fonte renovável.

A utilização da biomassa para geração de combustíveis líquidos no Brasil já é uma realidade desde o programa Proálcool em 1976. Recentemente o biodiesel tornou-se também uma oportunidade para a redução do consumo de combustíveis fósseis, entre 2013-2014 o país aumentou em 17,2% a quantidade de B100<sup>1</sup> produzido, chegando a mais de 3.000.000 m<sup>3</sup> tendo como principais matérias-primas o óleo de soja e o sebo bovino (Brasil, 2015a). O álcool tem larga utilização no Brasil e desde 2003 com a popularização dos carros bicombustível seu consumo vêm crescendo exponencialmente (UNICA, 2005).

Os biocombustíveis tem sua utilização majoritariamente direcionada para o setor de transportes, sendo utilizados em substituição ou em adição aos combustíveis fósseis como a gasolina e o diesel, no entanto, podem também ser utilizados em motores de combustão interna para a geração de energia elétrica. A biomassa pode ser utilizada para aquecimento através da queima direta (caldeiras a vapor) e para a produção do biogás, que pode ser combustível para turbinas a gás, aquecedores e motores a combustão interna.

No Brasil a geração elétrica a biomassa atingiu em 2014, 7,3% dos 590,5 TWh gerados (Brasil, 2015a), da oferta total interna de energia, a biomassa participa com 23,8% sendo que os derivados de cana correspondem a 15,7% deste montante, os outros 8,1% advêm de lenha e carvão vegetal. Esta matéria prima é utilizada basicamente para queima em caldeiras gerando vapor que, posteriormente é utilizado para aquecimento ou geração de energia. Energia elétrica a partir da biomassa é produzida principalmente através de bagaço de cana por autoprodutores nas usinas de álcool e açúcar

---

<sup>1</sup> Diesel obtido 100% de fontes renováveis

(Brasil, 2015a), recentemente com a descoberta do etanol de segunda geração (E2G), parte do bagaço de cana está sendo destinado para a produção de álcool combustível, Khatiwada, Leduc, Silveira e McCallum (2016) em um cenário de aumento do preço dos combustíveis fósseis e utilização do gás natural como fonte marginal para a geração de eletricidade no Brasil, afirma que é mais lucrativa a utilização desta biomassa para a geração de E2G.

Assim como a cana de açúcar, outras fontes de biomassa podem ser exploradas em nível industrial. As usinas de cana utilizam o bagaço em processos de cogeração utilizando as energias elétrica e térmica aumentando assim a eficiência do processo (UNICA, 2005).

## 2. ENERGIA PROVENIENTE DA BIOMASSA

O consumo de combustíveis fósseis tem aumentado exponencialmente na década passada, no Brasil a variação entre 2005 e 2014 foi de  $83.954 \times 10^3$  para  $118.186 \times 10^3$  tep<sup>2</sup>, no mundo em 2012 foram consumidos  $3.652.000 \times 10^3$  tep, 40% do consumo energético mundial (Brasil, 2015a). Este aumento substancial do consumo de derivados de petróleo tem sido a causa principal das mudanças climáticas observadas no planeta, à concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera terrestre aumentou 40% desde a época pré-industrial, incorrendo numa série de alterações nos comportamentos naturais dos oceanos, atmosfera, temperatura média mundial (Fig. 1) dentre outros (IPCC, 2013).

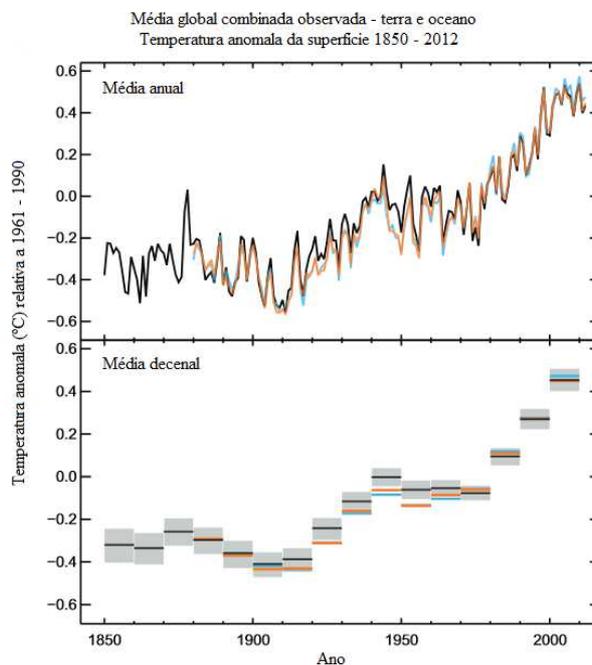


Figura 1-Evolução da temperatura do planeta.

Fonte: IPCC (2013)

Vários países já vêm tomando ações para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>, recentemente os Estados Unidos comprometeu-se a reduzir em 32% as emissões de gases do efeito estufa (GEE) na produção de energia até 2030 (EPA, 2015), a China prometeu investir em fontes renováveis de energia com o mesmo objetivo (Marcu, 2014), com isso temos os dois maiores emissores de CO<sub>2</sub> do mundo comprometidos com a geração limpa de energia elétrica, no Brasil a presidência da república afirmou que pretende reduzir em 37% as emissões de gases geradores do efeito estufa até 2025, até 2030 pretende-se alcançar 43% de redução. Ainda no âmbito nacional estas metas foram oficializadas no Acordo do Clima de Paris no final de 2015. A estratégia do governo brasileiro é de ampliar a participação das renováveis (biomassa, eólica e solar) na matriz energética nacional para 23% de toda fonte de geração de energia elétrica no país (Brasil, 2015c).

Demirbas, Balat e Balat (2009) afirmaram que a biomassa irá crescer em importância à medida que políticas públicas que visem à redução da utilização de combustíveis fósseis forem implementadas, diante da preocupação atual da sociedade quanto às mudanças climáticas anunciadas e já expostas, a biomassa tem um grande potencial de crescimento para a geração de energia elétrica.

Ciclos combinados de eletricidade e calor, bem como, gaseificação integrada a turbinas são bons atrativos para a utilização da biomassa devido a sua alta eficiência térmica, competitividade econômica e baixa emissão de gases de efeito

<sup>2</sup> tep: tonelada equivalente de petróleo

estufa (Al-Attab e Zainal, 2014), no Brasil percebe-se um potencial ainda maior devido a grande tendência agrícola do país, neste campo destaca-se a cana de açúcar cuja projeção para 2025 é de crescimento de 3,1% ao ano sendo usada para a produção de açúcar (70,4%) e etanol (29,6%) (Brasil, 2015b).

## 2.1 Queima direta

A queima direta da biomassa promove uma baixa eficiência energética em torno de 7% em espaços abertos e 15% em ambiente confinado (Demirbas, Balat e Balat, 2009), neste âmbito os combustíveis mais comuns são lenha, resíduos orgânicos, resíduos agrícolas, cascas dentre outros, isto permite um grande montante de combustível imobilizado pouco utilizado, principalmente no Brasil pelos motivos já expostos e pelo seu grande consumo de energia elétrica.

Para a queima direta a biomassa deve ter seu volume reduzido caso se trate de grandes volumes de matéria orgânica, a redução do volume possibilita uma maior eficiência do processo (Demirbas, Balat e Balat, 2009), outro ponto que deve ser verificado é a umidade, se o combustível estiver demasiadamente úmido tem-se uma perda na eficiência da queima (Vieira, 2014), neste caso parte da energia disponível na caldeira é direcionada para a evaporação da água, restando assim uma parcela menor de energia para a geração de vapor (Li *et al.*, 2015).

A produção de eletricidade com a queima direta dá-se com a utilização do calor gerado para produção de vapor e posteriormente expansão deste em uma turbina que está diretamente ligada a um gerador elétrico. A biomassa é alimentada e queimada em uma caldeira que por sua vez transfere o calor da queima para a água transformando-a em vapor, este vapor transporta a energia até a turbina que o expande movimentando assim um gerador elétrico acoplado ao seu eixo, que, por sua vez produz eletricidade, conforme esquema simplificado visto na Fig. 2.

Este modelo é conhecido como ciclo Rankine, apesar da sua larga utilização, se utilizado separadamente como apresentado na Fig. 2 desempenha uma eficiência da ordem de 6 a 17% (Rentizelas, Karellas, Kakaras e Tatsiopoulos, 2009), muito baixo para os padrões atuais. Neste caso a cogeração deve ser aplicada com o objetivo principal de aumentar a eficiência global do processo (Gerssen-Gondelach *et al.*, 2014). É notório; sabendo que o vapor de exaustão ou o condensado, possui ainda muita energia na forma de calor que, se descartado reduz em muito a eficiência do processo, devido a isso a utilização de ciclo combinado eleva o rendimento. Pode-se utilizar o vapor de exaustão em uma turbina de baixa potência (Fig. 3) ou para aquecimento de determinados sistemas em uma planta industrial (Fig. 4) onde pode-se utilizar também o condensado caso ainda haja energia suficiente no mesmo para este processo.

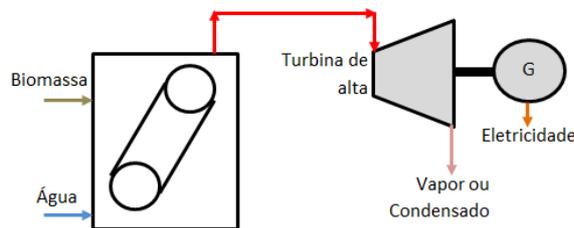


Figura 2-Esquema simplificado de geração de eletricidade por queima direta.

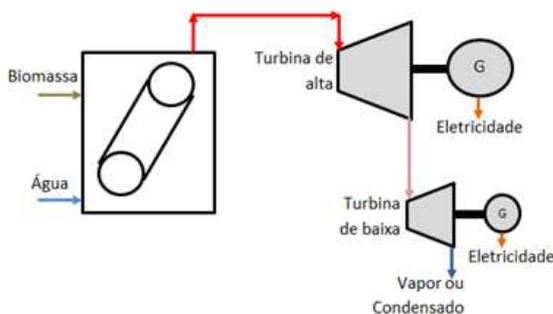


Figura 3-Co-geração com turbina de baixa potência

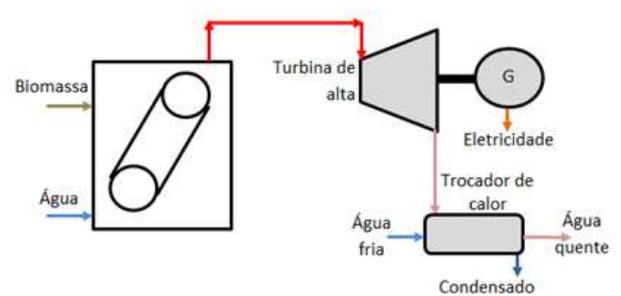


Figura 4-Co-geração com trocador de calor

Esta tecnologia de cogeração elimina as ineficiências da transmissão se utilizada de forma descentralizada para consumo local (Amirante e Tamburrano, 2015), a geração de energia no local onde a mesma irá ser consumida é uma prática comum no Brasil e permite a utilização do tipo apresentado na Fig. 4, que poderia ser inviável caso o consumidor estivesse a uma grande distância do trocador de calor.



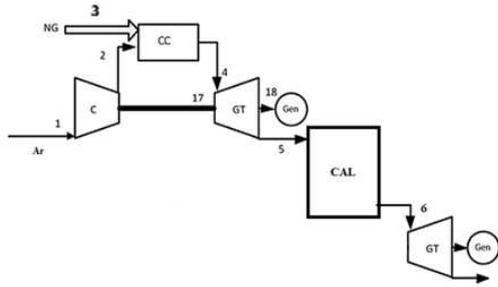


Figura 7-Co-geração com geração de vapor  
Fonte: Adaptado de Athari *et al.* (2014)

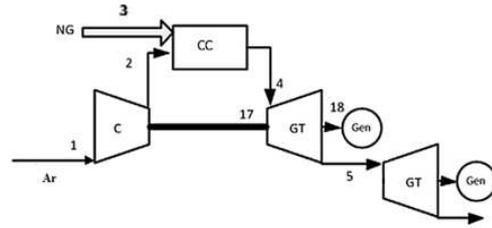


Figura 8-Co-geração com turbina a gás de baixa  
Fonte: Adaptado de Athari *et al.* (2014)

Para a produção de energia elétrica a biogás pode-se queimar o combustível diretamente em uma câmara de combustão de uma GT como apresentado acima, ou em motores com ciclo Otto<sup>3</sup> a gás que acionam geradores elétricos, neste caso a eficiência do processo é em torno de 28 a 34% (Gerssen-Gondelach *et al.*, 2014). Motores acoplados a geradores elétricos podem ser também abastecidos com biocombustíveis, configurando assim uma geração elétrica a biomassa.

### 2.3 Produção do biogás

Para a obtenção do biogás a partir da biomassa é necessário um processo denominado gaseificação. A gaseificação ocorre quando a biomassa é aquecida com uma proporção sub-estequiométrica de oxigênio (Gerssen-Gondelach *et al.*, 2014), neste caso ocorre oxidação parcial devido a utilização de 20 a 40% da quantidade “ideal” de ar (fonte do oxigênio) (Martin *et al.*, 2010). O processo de gaseificação é dotado de quatro fases, a secagem onde o excesso da umidade da biomassa é retirado; a pirólise onde se inicia a decomposição do carbono; a combustão onde os compostos formados na fase de pirólise são parcialmente queimados e a redução onde é formado o composto gasoso combustível (Martin *et al.*, 2010; Silva e Rocha, 2006). Como resultado obtém-se basicamente monóxido de carbono (CO), metano (CH<sub>4</sub>), hidrogênio (H<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e nitrogênio (N<sub>2</sub>) caso seja utilizado o ar como fonte de oxigênio (Silva e Rocha, 2006; Gerssen-Gondelach *et al.*, 2014; Athari *et al.*, 2014).

Um exemplo de reator para a obtenção do biogás é apresentado por Coelho *et al.* (2004) (Fig. 9), percebe-se que além do reator principal onde ocorrem as quatro etapas de gaseificação (secagem, pirólise, combustão e redução) há também duas etapas de lavagem adicionais que se destinam a retirar impurezas e sólidos em suspensão que podem vir carreados pelo fluxo do biogás.

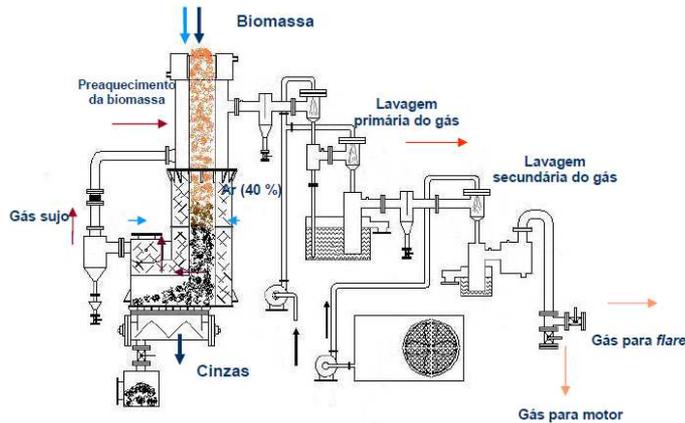
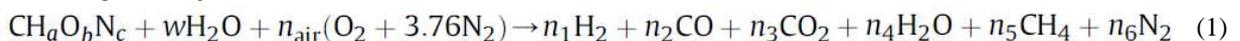


Figura 9-Esquemático de um gaseificador de biomassa.  
Fonte: Ushima (2003); citado por Coelho *et al.* (2004)

A equação geral de obtenção da biomassa, segundo Athari *et al.* (2014) é apresentada abaixo, os principais produtos energéticos da gaseificação são o CH<sub>4</sub> e o N<sub>2</sub>.



<sup>3</sup> Alguns autores sugerem motores com ciclo Stirling para baixas capacidades (Gerssen-Gondelach *et al.*, 2014; Zainal e Al-Attar, 2015)

O valor de  $w$  indica a umidade presente na biomassa, quanto menos umidade mais eficiente será o processo de gaseificação, os índices  $\eta_{1-6}$  evidenciam o equilíbrio estequiométrico da equação e  $\eta_{air}$  a quantidade de ar utilizada no processo de combustão, os índices  $a$ ,  $b$  e  $c$  indicam qual o tipo de biomassa está sendo utilizada para a geração do biogás.

## 2.4 Discussão

A capacidade de geração de energia elétrica de um sistema que utiliza somente biomassa é normalmente muito menor do que um sistema a combustíveis fósseis devido ao seu baixo poder calorífico, com isso o tempo de retorno dos investimentos em uma planta deste tipo, bem como o investimento específico (\$/KW) são mais elevados (Gerssen-Gondelach *et al.*, 2014).

A disponibilidade de combustível depende da produção local, portanto a geração elétrica a base de biomassa só pode ocorrer próximo de onde a mesma é gerada, pois o transporte desta poderia aumentar o custo desta energia inviabilizando-a (Song, Yang, Higano e Wang, 2015). Além disso, o poder calorífico do biogás não permite uma temperatura de admissão adequadamente alta na entrada de turbinas de alto rendimento e potência o que reduz ainda mais a sua eficiência (Athari *et al.*, 2014).

Athari *et al.* (2014) sugeriram um sistema híbrido (Fig. 10) onde uma GT de ciclo Brayton comum a combustível fóssil, descarrega os gases de exaustão (5) em uma segunda câmara de combustão (PCC) que utiliza o biogás gerado em um gaseificador (G) como combustível (8), os gases de exaustão quentes de PCC (9) são utilizados para geração de vapor em uma caldeira (HRSG), que por conseguinte alimenta uma turbina a vapor (ST) gerando assim mais eletricidade.

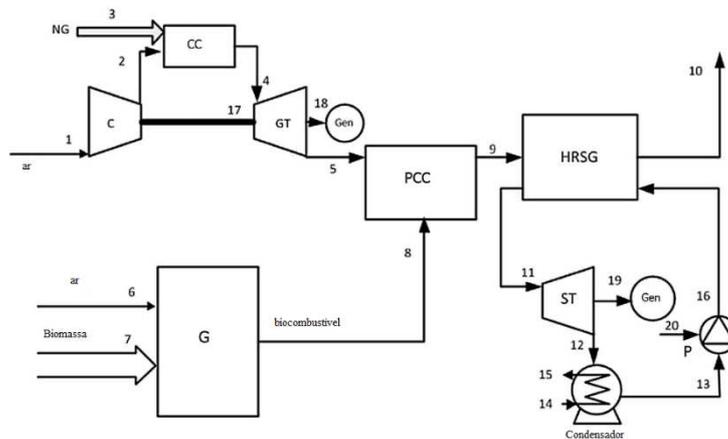


Figura 10- Ciclo combinado com combustível fóssil.  
Fonte: Adaptado de Athari *et al.* (2014)

O exemplo de Athari *et al.* (2014) utiliza o ciclo Brayton a gás natural com o ciclo Rankine a biogás, possui uma eficiência máxima em condições teóricas de 52,87%, este ciclo combinado com combustíveis fósseis pode ser a melhor alternativa para plantas a biogás de alta capacidade de geração de energia elétrica. No estudo realizado por Gerssen-Gondelach *et al.* (2014) que avalia a competitividade da biomassa como combustível, não foram encontradas plantas exclusivamente a biogás com capacidade superior a 2MW<sub>e</sub> o que pode sinalizar inviabilidade de empreendimentos voltados para a utilização deste gás, afirma ainda que, subsídios governamentais podem ser implementados para viabilizar tais empreendimentos, no entanto, há ainda grande divergência nos custos necessários para a produção de energia com queima dedicada de biomassa.

Gerssen-Gondelach *et al.* (2014) afirma ainda que para plantas de baixa capacidade é esperado que os custos da queima direta sejam mais atrativos numa avaliação global, já levando em consideração a menor eficiência deste combustível, no entanto, quando começamos a perceber um aumento desta capacidade a menor eficiência da queima direta começa a ser relevante e deve-se avaliar a questão mais a fundo.

No entanto, a biomassa é um combustível livre de emissões de CO<sub>2</sub> e possui uma variabilidade muito grande de fontes e disponibilidade no planeta (Al-Attab e Zainal, 2015), diante do cenário já discutido sobre a preocupação de emissão dos GEE, esta questão pode ser viabilizada mesmo com a baixa eficiência apresentada.

## 3. CONCLUSÕES

A geração elétrica a biomassa possui muitas restrições quanto à confiabilidade e disponibilidade de matéria prima, períodos de seca, de recessão industrial ou de mudança de prioridade para a destinação dos resíduos agrícolas podem ser um estopim para a falta de combustível em caldeiras e turbinas.

O baixo poder calorífico associado ao gás produzido pela biomassa é um limitante desta tecnologia, bem como a baixa eficiência das caldeiras que utilizam biogás, no entanto, em um país de grande extensão territorial como o Brasil e de alta capacidade agrícola, a biomassa deve surgir como fonte principal em áreas afastadas dos grandes centros, e das

principais linhas de distribuição; a facilidade de combustível nas zonas agrícolas associada a programas governamentais de inclusão como o Luz para Todos abre um grande precedente para o investimento em geração descentralizada. A biomassa possui grande disponibilidade e investimentos menores quando comparados à construção de novas linhas de transmissão e novas usinas em um país com capacidade hídrica cada vez mais restrita, este alto custo poderia inviabilizar a disponibilidade de energia para pequenas comunidades.

Neste tocante deve-se assumir num primeiro momento a menor eficiência da geração a biomassa face aos benefícios que esta pode trazer para comunidades isoladas onde a geração do combustível (biomassa) está muito próxima de onde deve ser consumido. Esta realidade já é vista na indústria da cana de açúcar onde o bagaço é responsável pelo grande montante de energia elétrica a biomassa gerada no país, sendo esta consumida nas próprias usinas. Assim como na indústria da cana, outras indústrias tem o mesmo potencial para a geração descentralizada, utilizando como combustível os resíduos provenientes da sua atividade. Este tipo de geração potencializa a agricultura local, reduz a quantidade de insumos não utilizados, como cascas, folhas, etc., e como grande benefício pode levar energia elétrica a comunidades que ainda não a possuem e não tem perspectiva, por parte das grandes concessionárias, de investimentos para a oferta da mesma.

Com o avanço da tecnologia e a pressão cada vez maior para a redução das emissões de gases geradores de efeito estufa pelas grandes potências produtoras de energia elétrica, espera-se que a viabilidade da biomassa como combustível para a produção de eletricidade cresça a patamares que justifiquem maiores investimentos em pesquisa de materiais e turbinas que contemplem seu baixo poder calorífico com uma eficiência ao menos razoável. Isto levaria a um aumento gradual da viabilidade de investimentos neste setor. Portanto mesmo para energia elétrica nos grandes centros a biomassa terá, num futuro próximo, uma importância cada vez maior.

Num primeiro momento, grandes montantes de energia podem ser alcançados com sistemas híbridos que utilizam combustíveis fósseis, no Brasil destacam-se as usinas a gás natural que foram implantadas pós-apagão de 2001, investimentos para aumentar a eficiência destas usinas utilizando a biomassa como combustível secundário, podem ser viáveis quando próximo à produção dos resíduos.

Existe ainda um campo muito grande no tocante ao estudo de viabilidade para turbinas bicompostíveis aplicadas, onde seja possível a queima de gás natural associado ao biogás em caldeiras e câmaras de combustão assim como expôs Neilson (1998). Com maiores esforços neste campo, a viabilização de investimentos em plantas de geração elétrica que utilizam o biogás será antecipada em relação ao desenvolvimento de tecnologias mais eficientes.

### **Agradecimentos**

A Deus e àqueles que acreditaram.

### **REFERÊNCIAS**

- Agência nacional de energia elétrica (ANEEL). Atlas de energia elétrica do Brasil. In Cap.3, 3ªed. Brasília, 2008
- Agência nacional de petróleo, gás natural e biocombustíveis (ANP). Resolução ANP Nº 16 de 17/06/2008.
- Al-attab, K. A.; Zainal, Z. A. Performance of biomass fueled two-stage micro gas turbine (MGT) system with hot air production heat recovery unit. *Applied Thermal Engineering*, v. 70, p. 61-70, 2014.
- Al-attab, K. A.; Zainal, Z. A. Externally fired gas turbine technology: A review. *Applied Energy*, v.138, p. 474-487, 2015.
- Amirante, R.; Tamburrano, P. Novel, cost-effective configurations of combined power plants for small-scale cogeneration from biomass: Feasibility study and performance optimization. *Energy Conversion and Management*, v.97, p. 111-120, 2015.
- Athari, H.; Soltani, S.; Mahmoudi, S. M. S.; Rosen, M. A.; Morosuk, T. Exergoeconomic analysis of a biomass post-firing combined-cycle power plant. *Energy*, v.77, p. 553-561, 2014.
- Brasil. Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional – BEN. Brasília: MME, 2015.
- \_\_\_\_\_. b. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio: Brasil 2014/2015 a 2024/2025. Brasília: Mapa/ACS, 133p., 2015.
- \_\_\_\_\_. c. Ministério das Relações Exteriores. Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima. Brasília, 10p., 2015.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio: Brasil 2012/2013 a 2022/2023. Brasília: Mapa/ACS, 96p., 2013.
- Coelho, S. T.; Velazquez, S. M. S. G.; Martins, O. S.; Ushima, A. H.; Santos, S. M. A.; Basaglia, F. Sistemas de gaseificação de biomassa na geração de energia elétrica para comunidades isoladas. In: 5º ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 2004, Campinas. Disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC000000022004000200051&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022004000200051&lng=en&nrm=abn)> Acesso em 16/10/15 às 04:45
- Demirbas, M. F.; Balat, M.; Balat, H. Potential contribution of biomass to the sustainable energy development. *Energy Conversion and Management*, v.50, p. 1746-1760, 2009

- Gerssen-Gondelach, G. J.; Saygin, D.; Wicke, B.; Patel, M. K.; Faaij, A. P. C. Competing uses of biomass: Assessment and comparison of the performance of bio-based heat, power, fuels and materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 40, p. 964-998, 2014
- Intergovernmental panel on climate changes (IPCC). Summary for Policymakers. In. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Disponível em: < [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_SPM\\_FINAL.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf)> Acesso em: 31/03/2015.
- Khatiwada, D.; Leduc, S.; Silveira, S.; McCallum, I.; Optimizing ethanol and bioelectricity production in sugarcane biorefineries in Brazil. *Renewable Energy*, v.85, p. 371-386, 2016.
- Li, C.; Gillum, C.; Toupin, K.; Donaldson, B. Biomass boiler energy conversion system analysis with the aid of exergy-based methods. *Energy Conversion and Management*, v.103, p. 665-673, 2015.
- Marcu, Andrei. The US-China Joint Announcement on Climate Change: Can the G2 make a difference? CEPS Commentary. 6p, 2014. Disponível em :< [http://aei.pitt.edu/57877/1/AM\\_G2\\_climate\\_change.pdf](http://aei.pitt.edu/57877/1/AM_G2_climate_change.pdf)> Acesso em 27/01/2016 às 10:50.
- Martin, S.; Silva, J. N.; Filho, D. O.; Donzeles, S. M. L.; Zanatta, F. L.; Santos, R. R. Tensão térmica e taxa de reação em um reator para gaseificação de biomassa do tipo concorrente. *Revista Ceres*, v. 57, n.2, p. 168-174. Viçosa, 2010.
- Neilson c. E. LM 2500 Gas turbine modifications for biomass fuel operation. *Biomass and Bioenergy*, v.15, n.3, p. 269-273, 1998.
- Rentizelas, A.; Karellas, S.; Kakaras, E.; Tatsiopoulos, I. Comparative techno-economic analysis of ORC and gasification for bioenergy applications. *Energy Conversion and Management*, v.50, p. 674-681, 2009.
- Silva, M. V. M. Rocha, B. R. P. Análise econômica de um gaseificador de 20 kw. In: 6º ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 2006, Campinas. Disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000022006000100013&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000100013&lng=en&nrm=abn)>. Acesso em 16/10/2015 às 03:57.
- Song, J.; Yang, W.; Higano, Y.; Wang, X. Dynamic integrated assessment of bioenergy technologies for energy production utilizing agricultural residues: An input–output approach. *Applied Energy*, v. 158, p. 178-189, 2015.
- União da Agroindústria canavieira do estado de São Paulo (ÚNICA). A energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. São Paulo, 2005.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). Clean Power Plan – Final Rule. *US Federal Register*, v.80, n.205, p. 64661-65120, 2015.
- Vergong, G. P. J.; Kirkels, A. F. Biomass gasification: Still promising? A 30-year global overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, p. 471-481, 2011.
- Vieira, R. Movidas a energia verde: Indústrias que dependem da produção de vapor têm deixado para trás os combustíveis fósseis e apostado numa fonte de energia mais barata e limpa - a biomassa. *Planeta Sustentável*. 29/10/2014. Disponível em <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/energia/movidas-a-energia-verde-819020.shtml>> Acesso em: 18/10/2015 às 15:43

## BIOMASS ELECTRICITY GENERATION: TECHNOLOGY AND NATIONAL OUTLOOK

**Abstract.** *The contemporary societal pressure as the energy production alternatives with cleaner development mechanisms has been a premise within the increased demand scenario and shortage of energy supply. In the national electricity sector dependency on hydroelectric generation associated with climate and rainfall changes have been important factors in search of generating alternatives and relief of the Brazilian electrical system. The low carbon impact sources have become a government premise aiming to minimize emissions of greenhouse gases. Alternative technologies such as wind and solar generation have become a reality in the energy matrix in some countries. In Brazil the biomass production has an important role, being used as a renewable source for power generation. This thematic review, covering the period between 1998 and 2015 on the generation of electricity from biomass, were addressed in Brazil application aspects, adopted technologies, efficiency and feasibility. It was observed the variety of application (food, industrial, E2G, organic soil replacement) associated with low efficiency as limiting factors for use as fuel to generate electricity. However, new technologies, government subsidy and low CO2 emissions are potential factors in the Brazilian scenario decentralized electricity generation from these wastes.*

**Key words:** *Biomass, sustainability, power generation.*