



21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

COGERAÇÃO: PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E BIOMASSA DE MICROALGAS

Ericson Dilay, ericson_dilay@yahoo.com.br¹
Dhyogo Miléo Taher, dhyogomt@gmail.com¹
Roberto Nobuyoshi Yamada Junior, robertoyamadajr@gmail.com¹
André Bellin Mariano, andrebmariano@gmail.com¹
José Viriato Coelho Vargas, vargasjvcv@gmail.com¹

¹Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Jardim das Américas, Curitiba, PR

Resumo: Os resíduos sólidos urbanos, industriais e hospitalares são atualmente um grande desafio ambiental e social quando estes não são adequadamente reutilizados ou reciclados. O processo de incineração está entre uma das operações para reduzir a quantidade de resíduos que são destinados aos aterros sanitários ou então em casos onde a legislação determina a incineração do resíduo. Usualmente, a energia térmica gerada na incineração dos resíduos sólidos são dissipadas para o meio ambiente, bem como os gases de exaustão na chaminé. O objetivo desse trabalho é propor um sistema de cogeração utilizando um incinerador de resíduos sólidos como fonte de energia térmica, duas usinas do tipo ciclo Rankine: (i) utilizando água e (ii) utilizando HFC-245fa como fluido de trabalho e um fotobiorreator como absorvedor e tratamento dos gases de exaustão e produção de biomassa de microalgas. Para o correto funcionamento do sistema, as emissões provenientes do incinerador devem ser absorvidas pelo meio de cultivo das microalgas nos fotobiorreatores e as substâncias como compostos orgânicos voláteis, furanos, dioxinas devem ser degradadas pelas microalgas até níveis aceitáveis para que atendam a legislação vigente para emissões.

Palavras-chave: Cogeração, Incineração, Microalgas.

1. INTRODUÇÃO

A legislação brasileira que determina sobre os critérios de operação de sistemas de tratamento térmico de resíduos é a Resolução Conama Nº 316, (MMA, 2002), Artigo 27 determina que: “Todo e qualquer sistema de tratamento térmico deve ter unidades de recebimento, armazenagem, sistema de tratamento de emissões, tratamento de água de processo, tratamento de cinzas e escórias”.

O processo de incineração não pode existir sem estar conectado com uma tecnologia avançada de purificação de emissões e tratamento dos líquidos de processo. As emissões provenientes da incineração contém muitas substâncias em concentrações muito acima dos limites legalmente permitidos, (ABNT NBR 11175/1990), e requerem sistemas de tratamentos físicos e químicos para remover e neutralizar os poluentes do processo térmico.

Com isso, mecanismos de sequestro de carbono podem ser combinados em projetos de incineração de resíduos com o objetivo de obter uma redução significativa de componentes nocivos na emissão ou até mesmo zerar a emissão.

A produção de microalgas em larga escala é realizada em fotobiorreatores. Estes sistemas consistem em sistemas tubulares ou helicoidais, confeccionados em material transparente. Desde que os fotobiorreatores sejam fechados, eles podem ser conectados a linhas de emissões de dióxido de carbono (CO₂) de indústrias e sistemas de incineração de resíduos (Silva, *et al.*, 2015).

Os fotobiorreatores instalados no Núcleo de Pesquisas em Energia Autossustentável – NPDEAS, localizado no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná – UFPR, tem uma grande área de recepção solar devido ao arranjo de tubos transparentes de forma compacta, como mostrado na Figura 1. Este sistema pode ser definido como tecnologicamente avançado para limpeza de emissões e pode ser conectado ao duto de exaustão do incinerador como uma solução inovadora de engenharia para problemas ambientais, sociais e financeiros.

O valor energético da biomassa de microalgas sugere seu uso como um substituto para as fontes de energia fósseis. Vários pesquisadores têm relatado a possibilidade de produção de biocombustíveis a partir de microalgas, uma

vez que muitas cepas têm teor de lipídeos superior a 40% em massa seca (Andersson, et al, 2014;. Venteris, et al, 2014;. Quinn e Davis, 2015) .



Figura 1 – Fotobiorreator tubular desenvolvido pelo NPDEAS-UFPR

As microalgas que crescem nos fotobiorreatores do NPDEAS – UFPR são da espécie *Scenedesmus sp*, a qual possui algumas características desejáveis, como a combinação eficiente e econômica para a fixação de CO₂, tratamento de águas residuais e síntese de lipídeos para a produção de biocombustível. Atualmente o sequestro de carbono é feito somente pelo CO₂ presente no ar atmosférico, através do Ciclo de Calvin – Benson.

O objetivo desse trabalho é propor a utilização combinada de incineradores de resíduos sólidos sem filtros biológicos comuns no mercado, o cultivo de microalgas em fotobiorreatores compactos para produção de biomassa com para extração de lipídios, carboidratos, pigmentos e a produção de energia elétrica por meio da operação de duas usinas Rankine que utilizam (i) água e (ii) HFC-245fa como fluido de trabalho, de modo que possa ser obtido simultaneamente o tratamento dos resíduos sólidos, a produção de energia elétrica e de biomassa de microalgas bem como o tratamento das emissões gasosas provenientes da incineração, atendendo a todas as normas vigentes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A proposta de cogeração onde a produção de energia elétrica e de biomassa de microalgas ocorre simultaneamente está representada esquematicamente na Figura 2, com o layout do NPDEAS-UFPR. O escopo do trabalho irá avaliar os módulos 2 – Fotobiorreatores (FBR) e 5 – Incinerador e usina de ciclo Rankine.

O módulo 2, composto por fotobiorreatores compactos é um modo de cultivo do tipo fechado com *Scenedesmus sp*;

. Originalmente, os FBR consistem de um coletor solar (tubos transparentes) onde a luz pode ser absorvida pelo meio de cultivo, uma coluna para troca de gases – *degasser* - onde ocorre a fixação de CO₂ e a liberação de O₂, um sistema de bombeamento responsável pela circulação forçada do meio, sistema de aeração e de entrada de meio e coleta de produção (CORRÊA, 2014). Possuem relativa vantagem aos sistemas abertos quanto a necessidade de área de cultivo, possuem melhores condições para controle dos parâmetros de cultivo, redução da probabilidade de contaminação do meio por organismos indesejados. Mata et al (2010) define um fotobiorreator como um reator em que organismos fotossintetizantes são cultivados e/ou utilizados para realizar uma reação biológica.

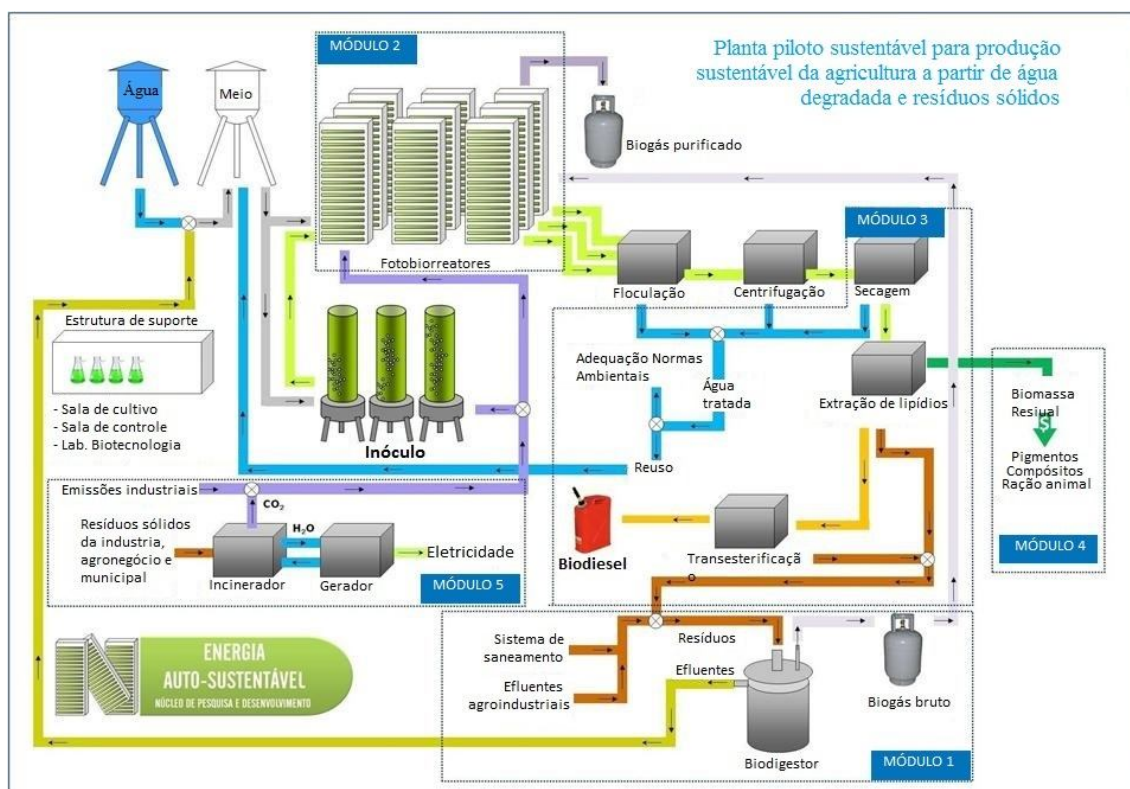


Figura 2 – Layout dos processos do NPDEAS-UFPR

Na proposta realizada, o *degasser* foi substituído por um lavador de gases, no qual o meio de cultivo compostos por microalgas realiza a lavagem da fumaça proveniente do incinerador. O sistema de lavagem de gases consiste na alimentação do gás na base da torre de lavagem e de meio de cultivo na parte superior da torre, e por meio da gravidade, o meio percorre um caminho descendente, contra-corrente com o gás. É esperado que durante o tempo de contato entre as microalgas e a fumaça, o CO₂ e as possíveis toxinas geradas pelo processo de incineração sejam absorvidas totalmente pelas microalgas até o limite aceitável pela legislação local vigente, sendo esperado apenas O₂ e vapor d'água no topo da chaminé do lavador.

Na proposta é considerada uma usina que opera com energia térmica provida da incineração de resíduos sólidos do campus universitário da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Inicialmente, os resíduos sólidos propostos a serem incinerados diferem dos resíduos sólidos municipais que são coletados normalmente, pois possuem menos material orgânico, como resto de alimentos. Os resíduos sólidos do campus são compostos tipicamente por pedaços de madeira seca (móveis antigos), papel, embalagens de plásticos e resíduos de jardinagem (folhas e manejo de poda das árvores). Os resíduos nos quais é possível a reciclagem são destinados a uma entidade cooperativa de reciclagem, sendo incinerados somente os rejeitos desta. Para manter um processo de queima estável sem a adição de combustível auxiliar, gás natural (GN) ou gás liquefeito de petróleo (GLP), o nível de aceitação da quantidade de cinzas e umidade deve ser inferior a 60% e 50%, respectivamente.

A conversão da energia térmica do incinerador em energia elétrica será realizada por dois ciclos de potência do tipo Rankine, que utiliza fluidos de trabalhos distintos. O ciclo de potência número I utiliza água, sendo o ciclo número II R245fa como fluido de trabalho. Os parâmetros de design estimados durante o funcionamento dos ciclos estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de funcionamento.

Parâmetros de funcionamento - Água				Parâmetros de funcionamento – R245fa			
#	Temperatura	Pressão	Título	#	Temperatura	Pressão	Título
1	250 °C	700 kPa		1	130 °C	1500 kPa	
2	50 °C	Saturado		2	50 °C	Saturado	
3	50 °C	Saturado	0	3	50 °C	Saturado	0
4		700 kPa		4		1500 kPa	
Eficiência da turbina		60%		Eficiência da turbina		83%	

3. DISCUSSÃO

Os resultados das emissões gasosas, tanto na saída do incinerador como na do lavador de gases, ainda não foram analisadas. No entanto, os gases de exaustão estão regidos por normas que regulamentam as máximas concentrações dos compostos, principalmente compostos orgânicos.

Atualmente, as normas vigentes no Brasil para a incineração de resíduos sólidos são a ABNT NBR 11.175, que regulamenta a Incineração de Resíduos Sólidos perigosos – Padrões de desempenho, a Lei Nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; e altera a Lei nº9.605/1998 e dá outras providências, a Resolução Nº 316/2002 do CONAMA, que regulamenta o processo da incineração e seus limites de emissão, permite incinerar resíduos urbanos, hospitalares, industriais e cadáveres, a Norma Técnica da CETESB E1 5011, incineração de resíduos, a resolução Nº 358/2005, dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências e a Resolução 306/2002, que estabelece os requisitos mínimos e o termo de referência para realização de auditorias ambientais.

4. CONCLUSÃO

Espera-se que as emissões estejam de acordo com as normas, resoluções e leis vigentes, sendo necessário a elaboração de um plano de gerenciamento da queima de resíduos para parametrizar ao máximo as emissões com relação ao resíduo incinerado.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq, PSA e Nilko para apoio financeiro. Também João Luiz Alves para o suporte técnico necessário para realizar este trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11.175**: Incineração de Resíduos Sólidos perigosos – Padrões de desempenho. Rio de Janeiro, 1990.
- BRASIL. Lei n. 9.605/1998, de 12 de fevereiro de 1998. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF.
- BRASIL. Lei n. 12.305/2010, de 2 de agosto de 2010. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF.
- CORREA, D. O. **Desenvolvimento e caracterização do cultivo de microalgas em fotobiorreator alimentado por emissões gasosas de motores**. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- GALANTE, R.M., DILAY, E., SILVA, C.F., MARIANO, A.B., VARGAS, J.V.C. Electricity generation using hot flue gas from urban solid waste incineration. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING, v.23, 2015. Rio de Janeiro.
- SELESU, N.F.H. **Desenvolvimento do processo de produção de microalgas em fotobiorreator industrial usando efluente suíno biodigerido**. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

COGENERATION: ELETRICITY AND MICROALGAE BIOMASS PRODUCTION.

Ericson Dilay, ericson_dilay@yahoo.com.br¹
Dhyogo Miléo Taher, dhyogomt@gmail.com¹
Roberto Nobuyoshi Yamada Junior, robertoyamadajr@gmail.com¹
André Bellin Mariano, andrebmariano@gmail.com¹
José Viriato Coelho Vargas, vargasjvcv@gmail.com¹

¹Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Jardim das Américas, Curitiba, PR

Abstract. *Municipal solid waste, industrial and hospital are currently a major environmental and social challenge when they are not properly reused or recycled. The combustion process is among the operations to reduce the amount of waste that is destined for landfill or else in cases where the law provides the incineration of waste. Usually, the thermal energy generated in the incineration of solid wastes are dissipated to the environment as well as the exhaust gases in the chimney. The aim of this study is to propose a cogeneration system using a solid waste incinerator as a source of thermal energy, two plants of the type Rankine cycle: (i) using water and (ii) using HFC-245fa as a working fluid and a photobioreactor as absorber and treatment of the exhaust gases and producing microalgal biomass. For the correct operation of the system, the emissions from the incinerator should be absorbed by means of cultivation of microalgae in photobioreactors and substances such as volatile organic compounds, furans, dioxins should be degraded by micro-algae to acceptable levels to meet current legislation for emissions.*

Keywords: Cogeneration, Incineration, Microalgae