

Avanços Científicos e Tecnológicos em Bioprocessos

Alberdan Silva Santos
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2018

Alberdan Silva Santos
(Organizador)

Avanços Científicos e Tecnológicos em Bioprocessos

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

A946 Avanças científicos e tecnológicos em bioprocessos [recurso eletrônico] / Organizador Alberdan Silva Santos. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-47-5

DOI 10.22533/at.ed.475180110

1. Bioprocessos. 2. Bioquímica. 3. Biotecnologia. I. Santos, Alberdan Silva.

CDD 553.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Avanços Científicos e Tecnológicos em Bioprocessos é uma obra que reúne vinte e três capítulos com temas em pesquisas científicas realizadas no campo da biotecnologia, e que envolve agentes biológicos e bioquímicos na geração de produtos ou processos. Nesta obra se concentram diversos avanços descritos nas metodologias e nos resultados, distribuídos em quatro tópicos principais, envolvendo: processos químicos e biotecnológicos no aproveitamento de resíduos; produção de metabólitos e enzimas; métodos analíticos e de simulação; e biotratamentos envolvidos na geração de energias. Esta obra foi escrita por jovens pesquisadores brasileiros que estão desenvolvendo suas teses e/ou dissertações em instituições nacionais. Por este motivo, os aspectos inovadores e o alcance dos resultados apresentados podem ser um grande estímulo para aqueles que visam conhecer com maior amplitude alguns dos aspectos biotecnológicos estudados em algumas das instituições de nosso país.

Alberdan Silva Santos

SUMÁRIO

EIXO 1: PROCESSOS BIOTECNOLÓGICOS APLICADOS NA PRODUÇÃO DE ENZIMAS E PROTEÍNAS

CAPÍTULO 1 1

AMYLASES IN PROTEIN SECRETOME PROFILE FROM *Aspergillus sp* WITH POTENTIAL TO DECONSTRUCT INTEGRAL STARCH

Patrícia Suelene Silva Costa Gobira
Rubens Menezes Gobira
Ricardo Felipe Alexandre de Mello
Hellen Kempfer Phillippsen
Nelson Rosa Ferreira
Alberdan Silva Santos

CAPÍTULO 2 7

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DE FRUTOSILTRANSFERASE EXTRACELULAR MICROBIANA PARA A SÍNTESE DE FRUTOOLIGOSSACARÍDEOS EM ESCALA LABORATORIAL

Rafael Firmani Perna
Josivan de Sousa Cunha
Sergio Andres Villalba Morales
Michelle da Cunha Abreu Xavier
Cristiane Angelica Ottoni
Elda Sabino da Silva
Alfredo Eduardo Maiorano

CAPÍTULO 3 23

ENZYMATIC COCKTAIL PRODUCED BY *Fusarium sp* WITH POTENTIAL TO DECONSTRUCT CRUDE CASSAVA STARCH (*Manihot esculenta Crantz*).

Patrícia Suelene Silva Costa Gobira
Elaine Cristina Souza Medeiros
Rubens Menezes Gobira
Ricardo Felipe Alexandre de Mello
Alberdan Silva Santos

CAPÍTULO 4 28

THE SYSTEMATIC INVESTIGATION OF L-ASPARAGINASE PRODUCED BY FILAMENTOUS FUNGI

Eliane Silva e Silva
Alberdan Silva Santos
Márcia Gleice da Silva Souza
Rubens Menezes Gobira
Maria Inez de Moura Sarquis

CAPÍTULO 5 33

EVALUATION OF METHYLOCYSTIS HIRSUTA GROWTH ON SUPPLEMENTED MINERAL MEDIA USING METHANE AS CARBON SOURCE

Rodrigo Pimentel Fernandes
Ana Cristina Pantoja Simões
Manuela Temtemples de Carvalho
Camila Ruiz Lopes
Nei Pereira Jr

CAPÍTULO 6 37

BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTION OF ENZYMATIC EXTRACT WITH CELULOLYTICAL ACTIVITY FROM AGROINDUSTRY RESIDUES

Ivanilton Almeida Nery
Karine Belo Rocha de Lima
Marlon Castro da Silva
Edmir Fernandes Ferreira

EIXO 2: APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS EM PROCESSOS BIOTECNOLÓGICOS E QUÍMICOS

CAPÍTULO 7 41

VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA PALMA DE ÓLEO (*ELAEIS SP*) PARA PRODUÇÃO DE POLISSACARÍDEOS EXTRACELULARES POR *PLEUROTUS OSTREATUS*

Jhonatas Rodrigues Barbosa
Maurício Madson dos Santos Freitas
Marcos Enê Chaves Oliveira

CAPÍTULO 8 50

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE *Bacillus subtilis* UFPEDA 86 E DA PRODUÇÃO DE BIOSURFACTANTE UTILIZANDO RESÍDUOS DE FRUTAS COMO SUBSTRATOS

Camylla Carneiro Soares
Adrielly Silva Albuquerque de Andrade
Fábio Cirqueira da Silva
Andréa Farias de Almeida
Janice Izabel Druzian
Ana Katerine de Carvalho Lima Lobato

CAPÍTULO 9 65

ESTUDO DO REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA INDÚSTRIA CACAUEIRA.

Rhuany de Oliveira Silva
Iara Rebouças Pinheiro
Isabela Nascimento Tavares Ferreira

CAPÍTULO 10 70

BIOPRODUCTS FROM *Trichoderma harzianum* AS INDUCER OF RESISTANCE TO ANTHRACNOSE IN BEANS

Emanuele Junges
Marlove Fátima Brião Muniz
Ângela Diniz Campos
Thiarles Brun
Cleudson José Michelin
Marcio Antônio Mazutti

CAPÍTULO 11 81

ANALYSIS OF PRE-TREATMENT OF PINEAPPLE WASTE WITH HYDROGEN PEROXIDE IN THE OBTENTION OF TOTAL REDUCING SUGARS

Fernanda Ferreira Freitas
Lorena Costa Vasconcelos Macedo

Carlos Alberto Galeano Suarez
Araceli Aparecida Seolato
Inti Doraci Cavalcanti-Montaño,
Paula Rubia Ferreira Rosa

EIXO 3: MÉTODOS ANALÍTICOS, CINÉTICA, SIMULAÇÃO E MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS EM PROCESSOS

CAPÍTULO 12 86

USE OF LINEAR EQUATIONS FOR DETERMINATION OF APPARENT KINETIC PARAMETERS IN CELLULOLYTIC MEDIUM WITH *Trichoderma virens*

Nelson Rosa Ferreira
Suelem Paixão da Silva
Rubens Menezes Gobira
Maria Inez de Moura Sarquis
Alberdan Silva Santos

CAPÍTULO 13 92

PRODUCTION OF COMMON ORANGE FERMENTED BEVERAGE: KINECTIC STUDY AND SENSORY ANALYSIS

Jacqueline de Moraes Campêlo
Olga Martins Marques

CAPÍTULO 14 97

MATHEMATICAL MODELING OF GLUCOSE ACCUMULATION DURING ENZYMATIC HYDROLYSIS OF CARRAGEENAN WASTE

Samuel Conceição Oliveira
Fernando Roberto Paz Cedeno
Fernando Masarin

CAPÍTULO 15 104

PRODUÇÃO DE ESPOROS DE *Metarhizium anisopliae* POR CULTIVO SÓLIDO EM BIORREATOR DE TAMBOR ROTATIVO COM ROTAÇÃO INTERMITENTE: APLICAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA PREDIÇÃO DE PERFIS DE TEMPERATURA

Érika Fernanda Rezendes Tada
Lucas Portilho da Cunha
João Cláudio Thoméo

CAPÍTULO 16 121

DETERMINAÇÃO DO FATOR DE EFETIVIDADE PARA ENZIMAS IMOBILIZADAS USANDO MÉTODOS DE REGRESSÃO SIMBÓLICA VIA PROGRAMAÇÃO GENÉTICA

Félix Monteiro Pereira
Luciano Eduardo Gomes Junior
Fabrício Maciel Gomes
Messias Borges Silva
Samuel Conceição Oliveira

CAPÍTULO 17 133

DEVELOPMENT OF ANALYTICAL METHOD, BY SPECTROSCOPY IN THE MIDINFRARED, AND MULTIVARIATE CALIBRATION FOR ETHANOL QUANTIFICATION IN THE FERMENTED MANGO

PULP (*Mangifera indica* L.) VARIETY BACURI.

Rubens Menezes Gobira
Patrícia Suelene Silva Costa Gobira
Ricardo Felipe Alexandre de Mello
Graziela Cristiane Telles da Silva
Sanclayton Geraldo Carneiro Moreira
Alberdan Silva Santos

CAPÍTULO 18 138

MÉTODOS DE IMOBILIZAÇÃO PARA ESTABILIZAÇÃO DE ENZIMAS

Anderson dos Santos Barbosa
Danyelle Andrade Mota
Lays Carvalho de Almeida
Juliana Lisboa Santana
Nayára Bezerra Carvalho
Sílvia Regina Soares Martins

CAPÍTULO 19 156

CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DAS ANTOCIANINAS E DA CORDO EXTRATO DE *Eugênia involucrata* NA PRESENÇA E NA AUSÊNCIA DE AGENTES CONSERVANTES NA TEMPERATURA DE 90°C

Lauren Menegon de Oliveira
Francine Antelo

EIXO 4: BIOTRATAMENTOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA E BIOPRODUTOS

CAPÍTULO 20 163

BIOTRATAMENTO DE VINHAÇA SINTÉTICA E GERAÇÃO DE ELETRICIDADE UTILIZANDO UMA CÉLULA A COMBUSTÍVEL MICROBIANA

Cristiane Angélica Ottoni
Marta Filipa Simões
Jonas Gomes dos Santos
Luciana Peixoto
Rodrigo Fernando Brambilla de Souza
Almir Oliveira Neto
Antônio Guerreiro de Brito
Alfredo Eduardo Maiorano

CAPÍTULO 21 172

RECUPERAÇÃO DE BIOPRODUTOS A PARTIR DA GASEIFICAÇÃO DO LODO DE ESGOTO SANITÁRIO

Renan Barroso Soares
Ricardo Franci Gonçalves

CAPÍTULO 22 179

BIOPROSPECTING CAROTENOIDS PRODUCTION IN THREE BRAZILIAN MICROALGAE SPECIES

Sabrina da Silva Mesquita
Natália Guimarães Figueiredo
Inaiã Costa Cutrim
Simone Carvalho Chiapetta
Cláudia Maria Luz Lapa Teixeira
Eliana Flávia Camporese Sérvulo

CAPÍTULO 23 184

EFFECT OF TEMPERATURE AND SALINITY ON THE PRODUCTION OF CAROTENOIDS AND LIPIDS BY MARINE MICROALGA

Nicéia Chies Da Fré
Alessandro de Oliveira Rios
André Jablonski
Rosane Rech
Nilson Romeu Marcílio

SOBRE O ORGANIZADOR..... 193

RECUPERAÇÃO DE BIOPRODUTOS A PARTIR DA GASEIFICAÇÃO DO LODO DE ESGOTO SANITÁRIO

Renan Barroso Soares

Universidade Federal do Espírito Santo,
Departamento de Engenharia Ambiental, Centro
Tecnológico, Vitória - Espírito Santo.
Faculdade Brasileira Multivix.

Ricardo Franci Gonçalves

Universidade Federal do Espírito Santo,
Departamento de Engenharia Ambiental, Centro
Tecnológico, Vitória - Espírito Santo.

RESUMO: O esgoto sanitário está, cada vez mais, sendo visto como fonte de recursos ao invés de resíduo. Isso porque das três maiores demandas atuais do mundo, água, energia e alimentos, duas podem ser extraídas diretamente do esgoto (água e energia), enquanto que a produção de alimentos é beneficiada com a recuperação de nutrientes importantes, tal como fósforo e nitrogênio. Além disso, com a depleção de combustíveis fósseis e o aumento das preocupações sobre os impactos ambientais causados por eles, o uso de recursos renováveis tem sido motivado. Vários processos têm sido estudados para valorizar o lodo de esgoto, como digestão anaeróbia, combustão e gaseificação. Este último será apresentado neste trabalho, como uma alternativa mais eficiente para a recuperação de energia, calor e produtos químicos valiosos, trazendo uma abordagem geral, útil para a divulgação da

técnica, ainda pouco considerada em relação à digestão anaeróbia e a combustão, devido a sua maior complexidade. Como poderá ser constatado, o processo de gaseificação de lodo apresenta vantagens aos processos tradicionais de estabilização do lodo, mas ainda precisa de maiores estudos para superar alguns desafios. **PALAVRAS-CHAVE:** gaseificação, bioprodutos, lodo de esgoto.

ABSTRACT: Sewage is increasingly seen as a source of resources rather than waste because of the three biggest demands in the world today, two can be extracted directly from it (water and energy), while food production benefits from the recovery of important nutrients, such as phosphorus. In addition, with the depletion of fossil fuels and increased concerns about their environmental impacts, the use of renewable resources has been motivated. Several processes have been studied to exploit sewage sludge and algae, such as anaerobic digestion, combustion and gasification. The purpose of this work is to present gasification as a more efficient alternative for the recovery of energy, heat and valuable chemicals, bringing a general approach, useful for the dissemination of the technique, still little considered in relation to others. Gasification presents advantages, but still needs further studies to overcome some challenges.

KEYWORDS: gasification, bioproducts, sewage sludge.

1 | INTRODUÇÃO

O saneamento básico melhora a saúde da população, protege o meio ambiente e traz benefícios econômicos para o país. Mesmo assim, 2,6 bilhões de pessoas no mundo não têm acesso adequado a este serviço, resultando em 2,2 milhões de mortos todos os anos (SIAESPH, 2016). Investimentos necessários para o setor são inviáveis, sobretudo nas cidades mais pobres, devido as condições econômicas da população, que limitam o repasse integral dos custos dos serviços para a tarifa (PROSAB, 2003). Por isso, a recuperação de bioprodutos valiosos, a partir do lodo produzido nas estações de tratamento de esgoto (ETE), pode melhorar a rentabilidade do setor, atraindo investimentos, que poderiam, não só melhorar os indicadores de saneamento, mas também, colocar o setor em um novo patamar de serviços, ancorado na sustentabilidade ambiental e econômica (PROBIOGAS, 2016). Além disso, os custos com o gerenciamento do lodo têm aumentado cada vez mais (PROBIOGAS, 2015) e a grande produção de microalgas em lagoas de estabilização é apontada como um problema neste tipo de tratamento (Chernicharo, 2007). Entre as opções de valorização do lodo, a gaseificação é um processo promissor

2 | O PROCESSO DE GASEIFICAÇÃO

A gaseificação é um processo termoquímico de oxidação parcial, em que substâncias carbonáceas são convertidas em gás, na presença de um agente gaseificante, usualmente ar, oxigênio, vapor d'água, dióxido de carbono ou suas misturas (Ruiz et al., 2013). O fluxo do agente gaseificante é controlado e a oxidação parcial ocorre em altas temperaturas (Heidenreich e Foscolo, 2015). O gás produzido, conhecido como singás, consiste principalmente de CO e H₂, misturados a outros componentes, como CH₄, CO₂, hidrocarbonetos leves, alcatrão, pequenas partículas de resíduos sólidos de carvão, espécies de metais alcalinos, cinzas e outros gases, como H₂S, HCl, NH₃, H₂O e N₂, que também podem estar presentes, a depender da biomassa, do tipo de gaseificador e das condições do processo (Molino et al., 2016, Ahmad et al., 2016, Asadullah, 2014, Ruiz et al., 2013).

O singás é um intermediário em energia, que pode ser queimado para produzir calor e eletricidade, sintetizado em combustível para transporte automotivo ou usado como matéria prima para a produção de produtos químicos de alto valor, tal como olefinas e formaldeído (Ahmad et al., 2016). A gaseificação do lodo de esgoto, normalmente produz um singás com poder calorífico entre 4 e 5,5MJ/m³ (Melfcalf & Eddy, 2016), cuja composição típica dos compostos combustíveis é apresentada na Tabela 1, retirada de Werle e Wilk (2010). Os valores do calor de combustão a 25°C

foram retirados de Perry et al. (1997).

Componente	Calor de Combustão (MJ/kg)	% volume
Hidrogênio, H ₂	119,94	8,89-11,17
Monóxido de carbono, CO	10,10	6,28-10,77
Metano, CH ₄	50,03	1,26-2,09
Acetileno ou Etino, C ₂ H ₂	48,28	0,62-0,95
Etano, C ₂ H ₆	47,51	0,15-0,27

Tabela 1 – Componentes combustíveis do singás de lodo de esgoto

O processo de gaseificação inclui uma série de sub-processos químicos e térmicos, em série e em sequência, podendo ser dividido em quatro estágios: secagem, pirólise, oxidação e redução (Manara e Zabaniotou, 2012). Na zona de secagem, a umidade da biomassa se torna vapor e na zona de pirólise o material orgânico volátil é destilado do carbono fixo. O carbono sólido e o material volátil entram então, nas zonas de oxidação e redução e reagem com o agente gaseificante, produzindo singás (Asadullah, 2014). Excluindo-se o estágio de oxidação, que é exotérmico, todos os demais são endotérmicos, necessitando de energia, que é suprida pela oxidação parcial da biomassa alimentada. Para que somente uma parte da biomassa seja oxidada, o processo ocorre em condições limitantes, com disponibilidade de oxigênio abaixo da estequiometria (Molino et al., 2016), entre 20 e 40% (Ruiz et al., 2013). O processo como um todo é auto-suficiente em energia (Manara e Zabaniotou, 2012). Reatores típicos de gaseificação de lodo de esgoto operam entre 800 e 1400°C e podem render, em frações mássicas, até 90% em singás (Manara e Zabaniotou, 2012). O processo pode ser conduzido em pressões que variam da atmosfera até 33bar (Ahmad et al., 2016).

A gaseificação é influenciada por diversos parâmetros operacionais, como temperatura, pressão, características da biomassa, tipo do gaseificador, agente gaseificante etc e, por isso, é considerada uma tecnologia complexa. Variações nesses parâmetros podem gerar instabilidade no sistema e perda de performance. Por outro lado, a versatilidade do processo permite a obtenção de vários produtos, além de calor e energia (Ruiz et al., 2013), além de vantagens adicionais. A gaseificação do lodo é um processo de estabilização definitivo, com destruição de patógenos e substâncias tóxicas orgânicas, o que é uma vantagem sobre os biodigestores (Zabaniotou e Samolada, 2014). Além disso, a energia da gaseificação tem maior potencial para a produção de eletricidade do que a energia da digestão anaeróbica (Gikas, 2016). Se comparada a incineração, a técnica supera os problemas encontrados na incineração, como necessidade de combustível adicional, emissões de óxidos de enxofre e nitrogênio, metais pesados, cinzas, além de reduzir o potencial de produção de dibenzofuranos e dioxinas cloradas (Manara e Zabaniotou, 2012).

3 | RECUPERAÇÃO DE BIOPRODUTOS A PARTIR DA GASEIFICAÇÃO

O singás é um intermediário chave na indústria química, que pode ser usado em várias sínteses, em um grande range de produtos químicos e combustíveis, tal como o diesel sintético, etanol, metanol, amônia, além de ser fonte para obter CO, CH₄ e H₂ puros (Ahmad et al., 2016). Espera-se que o hidrogênio substitua a gasolina e o diesel no futuro (Nipattumakul et al., 2010) e a gaseificação é o processo mais efetivo para sua obtenção a partir de biomassa (Ahmad et al., 2016). A recuperação de biometano também é possível, com a grande vantagem de poder ser alimentado na rede de gás natural (Molino et al., 2016). Aquecedores, caldeiras e motores tão bem como carros e ônibus movidos a gás natural são tecnologias limpas, estabelecidas e disponíveis para o uso de biometano. A produção de eletricidade e calor com biometano também é uma opção, podendo ser feita em pequenas e médias escalas, entre 20 e 100MW, embora sua eficiência como combustível veicular seja maior (Heidenreich e Foscolo, 2015).

A produção de etanol a partir do singás pode ser feita por 2 processos: fermentação, onde os micro-organismos transformam o CO, CO₂ e H₂ em acetil e, posteriormente etanol, e conversão catalítica. A fermentação é mais barata, uma vez que os catalisadores ideais para uma conversão seletiva, tal como o ródio, são caros. Catalisadores de cobre são usados, junto com promotores (metais de transição e seus óxidos) para minimizar as reações indesejadas, numa tentativa de reduzir os custos do processo, e também podem produzir metanol. Uma alta produção de álcool é atingida em temperaturas de 833 a 858°C. A produção do biodiesel é baseada na síntese de Fischer Tropsch, uma liquefação indireta da biomassa, na presença de catalisador. Neste processo, o singás é alimentado no reator, onde ocorre uma reação entre H₂ e CO, produzindo água e hidrocarbonetos. As temperaturas e pressões na síntese de Fischer Tropsch ficam entre 693 a 893°C e 1 a 30atm, respectivamente. A produção de dimetil éter pode ser realizada com catalisadores específicos, tal como zeolita de cobre ZSM-5, podendo ser condensado e usado como líquido combustível, tal como o gás liquefeito de petróleo (GLP). Alguns autores também têm explorado o alcatrão presente no singás para a geração de biodiesel. Processos de catálise térmica forneceram 75% de biodiesel em peso da alimentação, a 953°C. Na presença de zeólita, óxido de magnésio e óxido de alumínio, a produção máxima de biodiesel foi de 75%, 66% e 71%, respectivamente (Molino et al., 2016).

A queima do singás pode produzir calor e energia, sem produção de resíduo e dentro dos limites de emissão de gases (Ruiz et al., 2013). Várias plantas de energia são abastecidas com singás, sem nenhum problema relatado, embora a eficiência seja baixa, de 15 a 35% para caldeiras de 150MWth. Quando usado em turbinas, a eficiência pode atingir 40%, mesmo em escalas menores que 50MWth, e quando acoplado a um sistema de recuperação de calor a eficiência pode atingir de 70 a 90%. Em motores de combustão interna, a eficiência obtida varia entre 35 e 45% (Molino et al., 2016). O singás ainda pode gerar energia em células de combustível (Manara e

Zabaniotou, 2012).

Apesar de todo este potencial e crescimento do mercado, poucas plantas de gaseificação de biomassa estão em operação no momento. Na Europa, existem 22 plantas operando, sendo 16 usadas para geração de calor e energia, 4 para co-combustão e 2 dedicadas a fabricação de produtos químicos. Geralmente, essas plantas não produzem mais do que 1MWe, com poucas unidades capazes de produzir biocombustível como álcool e diesel. Em muitos casos, a gaseificação é apenas um pré-estágio da combustão completa, uma vez que queimar o singás é mais eficiente e menos poluidor, se comparado a queima direta da biomassa (Molino et al., 2016). Além do mais, apenas 0,5% das plantas de gaseificação no mundo utilizam biomassa, sendo predominante o uso de carvão (51%), resíduos da refinaria do petróleo e nafta (25%) e gás natural (22%) (Ahmad et al., 2016). A complexidade do processo e a presença dos contaminantes, que emanam dos constituintes orgânicos e inorgânicos voláteis da biomassa, e podem causar problemas operacionais, como corrosão de equipamentos, incrustação, desativação de catalisadores e até poluição do meio ambiente, colaboram para essa realidade (Abdoulmoumine et al., 2015). A remoção de alcatrão no singás é o maior desafio técnico para o desenvolvimento da tecnologia e pode ser considerada o calcanhar de Aquiles da gaseificação de biomassa (Molino et al., 2016). Ele reduz o rendimento de singás e, quando se condensa, entope tubulações, filtros, unidades catalíticas motores e etc (Heidenreich e Foscolo, 2015). Sua presença ainda afeta o uso final do singás, limitando algumas aplicações (Molino et al., 2016).

4 | CONCLUSÕES

Diferente de outras fontes de energia renováveis, a biomassa não tem limitações geográficas, como é o caso de outros tipos de energia renovável, tal como eólica e a solar. Apesar da menor publicidade, a produção de energia a partir de lodo de esgoto é possível, com a vantagem adicional de ser um processo descentralizado, com geração nas cidades, onde o consumo é maior. Dentre os processos, a gaseificação se apresenta como um caminho promissor, uma vez que outros produtos, além de calor e eletricidade, são possíveis de serem obtidos, tal como compostos da indústria química e biocombustíveis líquidos. Além do mais, o lodo é um resíduo que contribui com as despesas do saneamento básico e, por isso, sua valorização colabora para melhorias econômicas no setor, ainda deficitário no país. No entanto, o processo ainda depende de incentivos fiscais e de redução de CO₂ para se tornar competitivo, frente aos sistemas baseados nos derivados de petróleo. Para baratear os processos, melhorar a eficiência e superar as dificuldades técnicas da gaseificação do lodo, novos conceitos de gaseificação têm surgido, envolvendo a integração das etapas de produção e limpeza do singás, plantas com produção de múltiplos produtos e novos meios para gaseificação. Atualmente, mesmo com menor rendimento de eletricidade

e necessidade de uma etapa adicional para completar a estabilização do lodo, os digestores anaeróbios são usualmente escolhidos nas ETE, pela menor complexidade, se comparado aos gaseificadores, que ainda precisam de maiores estudos para consolidação da tecnologia.

REFERÊNCIAS

ABDOULMOUMINE, N.; ADHIKARI, S.; KULKAMI, A.; CHATTANATHAN, S. **A review on biomass gasification syngas cleanup**. Appl. Energy, v. 155, p. 294-307, 2015.

AHMAD, A. A.; ZAWAWI, N. A.; KASIM, F. H.; INAYAT, A.; KHASRI, A. **Assessing the gasification performance of biomass: a review on biomass gasification process conditions, optimization and economic evaluation**. Renew. Sust. Energ. Rev., v. 53, p. 1333-1347, 2016.

ASADULLAH, M. **Barriers of commercial power generation using biomass gasification gas: a review**. Renew. Sust. Energ. Rev., v. 29, p. 201-215, 2014.

CHERNICHARO, C. A. L. **Anaerobic Reactors**. Biological Wastewater Treatment Series, Volume 4. Londres: IWA Publishing, 2007.

GIKAS, P. **Towards energy positive wastewater treatment plants**. J. Environ. Manag., v.203, p. 621-629, 2017.

HEIDENREICH, S.; FOSCOLO, P. U. **New concepts in biomass gasification**. Progr. Energy Combust. Sci., v. 46, p. 72-95, 2015.

MANARA, P.; ZABANIOTOU, A. **Towards sewage sludge based biofuels via thermochemical conversion - a review**. Renew. Sust. Energ. Rev. v. 16, p. 2566-2582, 2012.

METCALF & EDDY. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. Editora AMGH, 5ª Edição, 2013. Tradução Ivanildo Hespanhol e José Calos Mierzwa, 2016.

MOLINO, A.; CHIANESE, S.; MUSMARRA, D. **Biomass gasification technology: the state of the art overview**. J. Energy Chem., v. 25, p. 10-25, 2016.

NIPATTUMMAKUL, N.; AHMED, I. I.; KERDSUWAN, S.; GUPTA, A. K. **Hydrogen and syngas production from sewage sludge via steam gasification**. International Journal of Hydrogen Energy, v. 35, p. 11738-11745, 2010.

PERRY, R. H.; GREEN, D. W.; MALONEY, J. O. **Perry's Chemical Engineer's Handbook**, 7ª Edição. Editora Mc Graw-Hill, Nova Iorque: 1997.

PROBIOGAS - Projeto Brasil - Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil. **Viabilidade técnico-econômica de produção de energia elétrica em ETEs a partir do biogás**. Brasília: 2016.

PROBIOGAS - Projeto Brasil - Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil. **Guia técnico de aproveitamento energético de biogás em ETEs**. Brasília: 2015.

PROSAB, Programa Nacional de Saneamento e Pesquisa. **Digestão de resíduos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro: 2003.

RUIZ, J. A.; JUÁREZ, M. C.; MORALES, M. P.; MUÑOZ, P.; MENDÍVIL, M. A. **Biomass gasification for electricity generation: review of current technology barriers**. Renew. Sust. Energ. Rev., v. 18, p. 174-183, 2013.

SIAESPH, Sulabh International Academy of Environmental Sanitation and Public Health. **Sanitation and energy**. New Delhi: 2016.

ZABANIOTOU, A. A.; SAMOLADA, M. C. **Comparative assessment of municipal sewage sludge incineration, gasification and pyrolysis for a sustainable sludge-to-energy management in Greece**. Waste Manag., v. 34, p. 411-420, 2014.

WERLE, S.; WILK, R. K. **A review of methods for the thermal utilization of sewage sludge: The Polish perspective**. Renewable Energy, v. 35, p. 1914-1919, 2010.

SOBRE O ORGANIZADOR

ALBERDAN SILVA SANTOS é Professor associado das faculdades de Química e Biotecnologia da UFPA; É Engenheiro Químico graduado pela UFPA; É Mestre em Química e Biotecnologia pelo Instituto de Química e Biotecnologia da UFAL; É Doutor em Bioquímica (Biotransformações com ênfase em oxidações microbiológicas) pelo Instituto de Química da UFRJ. Realizou Estágio pós-doutoral no Departamento de Biotecnologia do Instituto de Agroquímica e Tecnologia de Alimentos - IATA de Valencia, na Espanha. Atua no ensino de graduação e Pós-graduação no qual orienta Mestrandos e Doutorandos. Coordena projetos de cunho acadêmico-científico nos Laboratórios de Investigação Sistemática em Biotecnologia e Biodiversidade Molecular da UFPA, em áreas estratégicas como: Biotransformações; produção de enzimas; desenvolvimento de processos biotecnológicos no aproveitamento de resíduos agroindustriais para a produção de biomoléculas de interesse médico, cosméticas e farmacêutica; produção de biomoléculas a partir de cultivo de micro-organismos e cultivo de células vegetais. Aplica técnicas avançadas de Metabolômica e Lipidômica (CG/EM, LC/MS) na investigação metabólica de plantas e micro-organismos. Contribuiu na criação do curso de graduação e do programa de pós-graduação em Biotecnologia da UFPA. Foi o 1º Diretor da Faculdade de Biotecnologia da UFPA no período de 2009-2011. Atuou como vice-coordenador protempore do Programa de Pós-graduação em Biotecnologia da UFPA. Possui diversas publicações nas áreas da Química e Biotecnologia, assim como patentes. Recebeu a primeira Carta Patente na UFPA em dezembro de 2013. É pioneiro na otimização de processo de produção de metabólitos secundários e enzimas em cultura de células vegetais e de micro-organismos na Região Norte do Brasil.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-47-5

