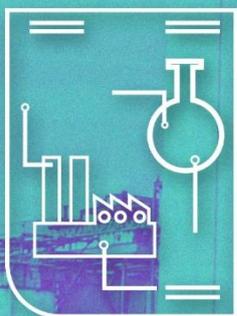


IV mostra de trabalhos
de engenharia química

IV MTEQ

Mostra de Trabalhos de Engenharia Química



IV
Mostra
de Trabalhos
de Engenharia
Química



URI
SANTO ÂNGELO

ISAAC DOS SANTOS NUNES

(Organizador)

Anais da
IV Mostra de Trabalhos de Engenharia Química
IV MTEQ

Santo Ângelo – RS
EdiURI
2020

IV mostra de trabalhos de engenharia química



Catálogo na Fonte:

M916a Mostra de Trabalhos de Engenharia Química (2020 :
Santo Ângelo, RS)

Anais da IV Mostra de Trabalhos de Engenharia
Química : IV MTEQ / Organização: Isaac dos Santos
Nunes. – Santo Ângelo : EdiURI , 2020.

50 p. ; il

ISBN 978-65-87121-01-7

1. Engenharia química - Anais. I. Nunes, Isaac dos
Santos (org.)

CDU: 66.0:061.3

Responsável pela catalogação: Fernanda Ribeiro Paz CRB 10/ 1720



UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES – URI

Reitor: Arnaldo Nogaro

Pró-Reitora de Ensino: Edite Maria Sudbrack

Pró-Reitora de Pesquisa, Extensão e Pós-Graduação: Neusa Maria John Scheid

Pró-Reitor de Administração: Nestor Henrique de Cesaro

CAMPUS DE SANTO ÂNGELO

Diretor Geral: Gilberto Pacheco

Diretor Acadêmico: Marcelo Paulo Stracke

Diretora Administrativa: Berenice Beatriz Rossner Wbatuba

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

ANAIS DA IV MOSTRA DE TRABALHOS DE ENGENHARIA QUÍMICA – IV MTEQ

IV mostra de trabalhos de engenharia química





ORGANIZAÇÃO

Isaac dos Santos Nunes, Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil

FORMATÇÃO

Michele Cristiane Musialowski, Secretária, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil

COMITÊ CIENTÍFICO

Daiane Skupin da Silva, Doutora, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil;

Enrique Chaves Peres, Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil;

Isaac dos Santos Nunes, Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil;

Juliane Froncheti de Moura, Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil;

Nataly Leidens, Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil;

Patrícia Siqueira Alves, Doutora, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil;

IV mostra de trabalhos de engenharia química



SUMÁRIO

A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO: UMA BREVE REVISÃO.....	7
APROVEITAMENTO DO BAGAÇO DE MANDIOCA EM DIFERENTES SETORES INDUSTRIAIS	11
AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESÍDUOS DE ALIMENTOS.....	15
AVALIAÇÃO DA ELABORAÇÃO E DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITO PLÁSTICO-MDF	20
CARACTERIZAÇÃO DE GRÃOS DE LENTILHA UTILIZANDO O SOFTWARE IMAGEJ.....	24
PRÉ-PROJETO DE UMA INDÚSTRIA VINÍCOLA	29
PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	33
RESÍDUOS LÍQUIDOS DE INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS NA PRODUÇÃO DE ETANOL: UMA BREVE REVISÃO.....	37
USO DE COLETORES SECOS DO TIPO FILTRO DE MANGAS: UMA ANÁLISE DO EMPREGO NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS	41
UTILIZAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA FILTRAÇÃO DA ÁGUA DO RIO IJUÍ.....	45

IV mostra de trabalhos de engenharia química



A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO: UMA BREVE REVISÃO

Andréia Monique Lermen^{1*}, Naiara Jacinta Clerici², Dinalva Schein³, Carolina Smaniotto Fronza³

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS-Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente

²Universidade Federal da Fronteira Sul, UFFS-Cerro Largo, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária

³Universidade Federal de Santa Maria, UFSM-Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

*lermenma@gmail.com

Área do Trabalho: Tratamento de água, resíduos e efluentes.

RESUMO

No setor industrial há uma crescente preocupação com as indústrias têxteis, em especial com o efluente gerado por estas, em virtude de seu potencial como fonte de contaminação de águas. Nestes efluentes estão presentes inúmeros corantes, dentre os quais destaca-se o azul de metileno (AM), amplamente usado em função de suas características. Portanto, é essencial realizar um tratamento adequado dos efluentes, a fim de possibilitar seu lançamento em corpos receptores sem comprometê-los. Dentre as alternativas, há a adsorção com carvão ativado que é muito custosa, apesar da alta eficiência e devido a isso, buscam-se outros materiais como adsorventes e nesse sentido surgem os resíduos agroindustriais. Sendo assim, neste trabalho objetivou-se investigar os resíduos agroindustriais utilizados na remoção do corante AM, por meio de uma revisão de literatura utilizando a base de dados Portal Periódicos Capes para a coleta de dados, onde encontrou-se 42 trabalhos e, após uma seleção, 10 trabalhos foram utilizados neste estudo. Verificou-se que inúmeros resíduos agroindustriais vêm sendo utilizados como adsorventes *in natura* ou então transformados em carvão ativado. Resíduos de cascas e sementes de frutas, serragem de madeira, bagaço de frutas e de cana-de-açúcar, resíduos oriundos de cereais e leguminosas são investigados no processo de adsorção do AM e tem apresentado resultados satisfatórios. Logo, além da remoção eficiente do corante, através do uso de adsorventes alternativos, os custos do processo são reduzidos, agregando-se valor a um resíduo e solucionando-se uma problemática ambiental, tanto na questão de destinação de resíduos, bem como no tratamento de efluentes.

Palavras-chave: *adsorvente, azul de metileno, corantes, resíduos agroindustriais.*

1 INTRODUÇÃO

A industrialização traz consigo o crescimento econômico, a geração de empregos e a produção de produtos e ao mesmo tempo, também gera uma grande quantidade de resíduos e efluentes. Nesse contexto, a indústria têxtil destaca-se devido aos corantes utilizados em seus processos, tendo em vista que grande quantidade destes é descartada devido à incompleta fixação do corante à fibra do tecido, durante o processo de tingimento e portanto, os corantes são abordados como as principais fontes de poluição da água (Honorato *et al.*, 2015; Müller *et al.*, 2019).

IV mostra de trabalhos de engenharia química



Segundo Honorato *et al.* (2015), a classe dos corantes reativos se sobressai sobre as demais quanto a aplicabilidade e além disso, trata-se de corantes que possuem maior estabilidade química, por apresentarem um ou mais grupamentos $-N=N-$ ligados a sistemas aromáticos. Nesta classe de corantes está o AM, muito empregado na indústria por apresentar alta solubilidade, brilho e resistência, sendo usado para tingir seda, algodão e madeira (Moreno *et al.*, 2012).

Em virtude do efeito tóxico causado sobre a biota aquática e a ampla aplicação do AM, é fundamental um tratamento adequado antes de lançar este aos corpos receptores. Portanto, diversos métodos físico-químicos têm sido aplicados e pesquisados, no intuito de tratar os efluentes, como a floculação, oxidação química, fotoquímica, ozonização, filtração, troca iônica, irradiação e adsorção, entre outros (Moreno *et al.*, 2012; Honorato *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2019).

Dentre esses métodos, evidencia-se o processo de adsorção, que consiste na remoção dos contaminantes pela interação com algum material adsorvente, sendo um processo eficaz e de fácil manuseio. Em relação aos adsorventes mais aplicados, há as zeólitas, materiais porosos à base de polímeros e o carvão ativado, sendo este o mais utilizado em virtude da sua elevada área superficial (Gonçalves *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2019).

Todavia, a utilização de carvão ativado no processo apresenta alto custo, limitando sua ampla aplicação e dessa forma, há inúmeras investigações buscando adsorventes mais econômicos e eficazes, a fim de reduzir os custos operacionais. Sob esse viés, resíduos agroindustriais têm sido investigados *in natura* e também transformados em carvão ativado no intuito de remover corantes dos efluentes (Moreno *et al.*, 2012; Müller *et al.*, 2019). Portanto, neste trabalho objetivou-se investigar, através de uma revisão de literatura, os resíduos utilizados na remoção do corante AM.

2 MATERIAL E MÉTODO

Este estudo foi desenvolvido por meio de uma pesquisa de revisão bibliográfica narrativa e não exaustiva acerca da adsorção do corante AM. Foi realizado um estudo exploratório da literatura científica sobre a temática, utilizando a base de dados Portal Periódicos Capes para realizar a coleta de dados. Os descritores utilizados foram “adsorção” e “azul de metileno”, com a inclusão do operador AND. Encontrou-se 42 trabalhos e após a leitura dos títulos, 15 trabalhos foram removidos. Na sequência, após a leitura dos resumos, 11 foram removidos e os demais passaram por uma leitura completa, onde selecionou-se 10 trabalhos utilizados nesta pesquisa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inúmeros são os resíduos produzidos atualmente, principalmente no setor agroindustrial. Estes vem sendo cada vez mais estudados e valorizados, pois possuem ampla disponibilidade, têm um baixo custo e são um risco à qualidade do solo e das águas superficiais e subterrâneas, caso não sejam manejados de maneira adequada. Portanto, aplicar tais resíduos como materiais adsorventes, *in natura* ou através da produção de carvão, visando substituir o carvão ativado comercial é uma alternativa que oferece um destino sustentável aos resíduos, agregando valor aos mesmos e diminuindo custos do processo de adsorção, bem como do tratamento de efluentes (Antunes *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2019).

IV mostra de trabalhos de engenharia química



Nesse sentido, Honorato *et al.* (2015) utilizaram os resíduos agroindustriais *in natura*, como a palha de milho e a bainha do palmito pupunha, como material alternativo na remoção do corante AM, apresentando boas propriedades adsorptivas em torno de $102,8 \text{ mg g}^{-1}$ para o resíduo da palha de milho e $50,9 \text{ mg g}^{-1}$ para o resíduo de palmito pupunha. Buscando agregar valor a outro resíduo, Müller *et al.* (2019) avaliaram a adsorção do corante AM em solução aquosa, fazendo o uso de serragem de madeira das espécies *Pinus elliotii* (pinus) e *Drepanostachyum falcatum* (bambu), obtendo capacidade adsorptiva do pinus de 47 mg L^{-1} e do bambu, de 38 mg L^{-1} .

Já Moreno *et al.* (2012) utilizaram casca de arroz, que foi transformada em carvão ativado e usado na remoção do corante AM, onde o material adsorvente destacou-se devido às altas remoções obtidas (99%). Enquanto isso, Gonçalves *et al.* (2007) prepararam carvão ativado, em diferentes granulometrias, a partir de resíduos de erva-mate e testaram a capacidade de adsorver atrazina e os corantes AM e vermelho reativo-X6BN, em diferentes concentrações. Destaca-se que para todas granulometrias, houve boa capacidade de adsorção do AM.

Seguindo o conceito de fazer o uso de um resíduo agroindustrial e transformá-lo em carvão ativado, estudos foram realizados utilizando sementes de *Mucuna Sp* (Vargas *et al.*, 2008), bagaço de cana-de-açúcar (Consolin Filho *et al.*, 2007), fibra e casca de palma (Ramírez *et al.*, 2017), cascas de abacaxi (Antunes *et al.*, 2018) e bambu (*Bambusa vulgaris*) (Santana *et al.*, 2018), onde os autores variaram diferentes parâmetros na investigação, obtendo resultados promissores para a remoção do AM em meio aquoso.

Verificou-se ainda que os resíduos são oriundos de diferentes setores, o que se deve a variada matriz econômica do país e a ampla extensão deste. Portanto, conforme ocorre a produção de produtos, também há a geração de resíduos e o reaproveitamento destes mostra-se como uma alternativa promissora no que tange a diminuição da extração de recursos naturais e na redução significativa do acúmulo de resíduos dispostos no meio ambiente ou em aterros sanitários. Além disso, trata-se de uma opção viável sob o viés econômico e sustentável no tratamento de efluentes contaminados por corantes (Antunes *et al.*, 2018).

4 CONCLUSÃO

Verifica-se que os resíduos agroindustriais são variados, especialmente em um país como o Brasil, que possui ampla extensão e um setor agroindustrial importante para a economia. Dessa forma, a destinação dos resíduos como adsorventes *in natura* ou para produção de carvão ativado mostra-se como uma alternativa promissora, tendo em vista que ocorre a redução do acúmulo de resíduos dispostos no meio ambiente de maneira inadequada ou em aterros sanitários, logo diminui-se problemas de poluição ambiental e aumenta-se a vida útil dos aterros, respectivamente.

Ainda, utilizando os resíduos agroindustriais no tratamento de efluentes, agrega-se valor aos mesmos, bem como os custos do processo de tratamento são reduzidos, solucionando uma problemática das indústrias, em especial das têxteis, que possuem em sua composição corantes. Portanto, observou-se através da literatura que há inúmeros resíduos investigados, desde do setor da fruticultura, passando pela silvicultura até a agricultura em geral. Nesse contexto, ressalta-se que possivelmente haja inúmeros resíduos agroindustriais que ainda podem ser investigados sob esse viés, pois trata-se de uma área que possui um amplo campo de pesquisa.

IV mostra de trabalhos de engenharia química



REFERÊNCIAS

- Antunes, E. C. E. S.; Pereira, J. E. S.; Pereira, R. L. S.; Medeiros, M. F. D.; Barros Neto, E. L. Remoção de corante têxtil utilizando a casca de abacaxi como adsorvente natural. **Holos**, v. 3, ano 34, p. 81-97, 2018.
- A. G. Methylene blue adsorption onto modified lignin from sugar cane bagasse. **Eclética Química**, v. 32, n. 4, p. 63-70, 2007.
- Gonçalves, M.; Guerreiro, M. C.; Bianchi, M. L.; Oliveira, L. C. A.; Pereira, E. I.; Dallago, R. M. Produção de carvão a partir de resíduo de erva-mate para a remoção de contaminantes orgânicos de meio aquoso. **Ciência e agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1386-1391, 2007.
- Honorato, A. C.; Machado, J. M.; Celante, G.; Borges, W. G. P.; Dragunski, D. C.; Caetano, J. Biossorção de azul de metileno utilizando resíduos agroindustriais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 7, p. 705-710, 2015.
- Moreno, A.; Figueiroa, D.; Hormaza, A. Adsorción de azul de metileno sobre cascarilla de arroz. **Producción + Limpia**, v. 7, n. 1, p. 9-18, 2012.
- Müller, L. C.; Alves, A. A. A.; Mondardo, R. I.; Sens, M. L. Adsorção do azul de metileno em serragem de *Pinus elliottii* (pinus) e *Drepanostachyum falcatum* (bambu). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n.4, p. 687-695, 2019.
- Ramírez, A. P.; Giraldo, S.; Flórez, E.; Acelas, N. Preparación de carbón activado a partir de residuos de palma de aceite y su aplicación para la remoción de colorantes. **Revista Colombiana de Química**, v. 46, n. 1, p. 33-41, 2017.
- Santana, G. M.; Lelis, R. C. C.; Paes, J. B.; Morais, R. M.; Lopes, C. R.; Lima, C. R. Activated carbon from bamboo (*Bambusa vulgaris*) for methylene blue removal: prediction to the environment applications. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1179-1191, 2018.
- Silva, F.; Nascimento, L.; Brito, M.; Silva, K.; Paschoal Júnior, W.; Fujiyama, R. Biosorption of Methylene Blue Dye Using Natural Biosorbents Made from Weeds. **Materials**, v. 12, n. 15, p. 1-16, 2019.
- Vargas, J. E.; Giraldo, L.; Moreno, J. C. Otenção e Caracterização de carvões ativados a partir de sementes de *Mucuna Sp*. **Revista Colombiana de Química**, v. 37, n. 1, p. 67-77, 2008.



APROVEITAMENTO DO BAGAÇO DE MANDIOCA EM DIFERENTES SETORES INDUSTRIAIS

Dinalva Schein^{1*}, Carolina Smaniotto Fronza¹, Andréia Monique Lermen², Naiara Jacinta Clerici³

¹Universidade Federal de Santa Maria, UFSM – Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS-Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente

³Universidade Federal da Fronteira Sul, UFFS – Cerro Largo, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária

*dinalvaschein@hotmail.com

Área do Trabalho: Processos Industriais

RESUMO

A industrialização de mandioca apresenta grande destaque na economia das agroindústrias, porém o resíduo gerado pode acarretar diversos malefícios ao meio ambiente quando descartados inadequadamente. Uma das medidas de minimização da poluição ambiental causada por esse resíduo é a utilização dos mesmos como na produção de compósitos, materiais biodegradáveis e etanol. Visando o elevado teor de amido e fibras presentes no bagaço, este estudo visa realizar uma investigação a respeito do aproveitamento desse subproduto em diferentes setores industriais através de uma pequena revisão bibliográfica realizada por meio de pesquisa nas plataformas Portal Periódicos Capes e Scopus. Desta forma, verificou-se que o bagaço de mandioca é um resíduo de alto potencial sendo possível usufruir o mesmo em diversos setores industriais, como por exemplo, na produção de biocombustíveis devido ao elevado teor de amido presente no bagaço, bem como na produção de bandejas biodegradáveis e compósitos com o intuito de auxiliar no esforço estrutural, podendo ser utilizado em embalagens, construção e peças automotivas. Assim, o bagaço de mandioca possui potencial de aproveitamento, possibilitando uma destinação mais sustentável, além de agregar valor ao resíduo.

Palavras-chave: *aproveitamento, bagaço de mandioca, indústria.*

1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta*), também conhecida como macaxeira ou aipim, apresenta grande relevância na economia do Brasil e também é cultivada em várias regiões tropicais do mundo. Além disso, o cultivo de mandioca é destaque na agricultura devido às características de rusticidade e adaptação da cultura (Souza *et al.*, 2014).

A industrialização da mandioca causa diversos problemas ambientais, pois mesmo pequenas unidades fabris, geram quantidades consideráveis de resíduos. A partir da produção de amido de mandioca, tem-se a geração de um resíduo fibroso, o bagaço da mandioca, que costumeiramente é doado ou vendido a baixo custo à agricultores para a alimentação animal. Para cada tonelada de mandioca processada, são gerados aproximadamente 900 kg de resíduo (base úmida) na etapa de separação da fécula, tendo teor de umidade próximo de 85%. Mesmo em pequenas unidades fabris,

IV mostra de trabalhos de engenharia química



o processamento da mandioca causa diversos danos ao meio ambiente, visto que se tem a geração de resíduos sólidos (bagaço, casca e entre casca) e resíduos líquidos (manipueira e água vegetal). Seu despejo indevido, além do forte impacto ecológico, traz desperdícios de rendimento para a indústria (Rodrigues *et al.*, 2011; Fiorda *et al.*, 2013; Lacerda *et al.*, 2009).

Portanto, tendo em vista o elevado teor de fibras e amido presente na composição do bagaço de mandioca, busca-se alternativas de utilização com o intuito de aproveitar esse resíduo produzido em grande escala e diminuir a poluição ambiental. A partir disso, esse estudo objetivou pesquisar diversas aplicações de aproveitamento do bagaço de mandioca em diferentes âmbitos.

2 MATERIAL E MÉTODO

Este estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica narrativa e não exaustiva acerca dos possíveis usos que podem ser feitos com o bagaço de mandioca. Foi realizado estudo exploratório da literatura científica sobre o tema, compreendido pela criação de protocolo de busca, análise e seleção dos trabalhos encontrados. A coleta de dados foi realizada utilizando as bases de dados Scopus e Portal Periódicos Capes. Os descritores utilizados foram “bagaço de mandioca”, “aplicação” e “utilização” com a inclusão dos operadores AND e OR, quando necessário. A busca na literatura foi realizada através da leitura, análise dos títulos e resumos e os artigos que não tinham conexão com a temática proposta foram removidos da seleção.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Buscando o desenvolvimento social, econômico e principalmente a sustentabilidade ambiental, diversos estudos vêm apresentando novas alternativas para a utilização do bagaço de mandioca. Este resíduo apresenta entre 45% a 77,5% de amido em sua composição, além de fontes ricas em fibras, podendo assim ser acrescentado, de acordo com Souza *et al.* (2018), em produtos alimentícios. Porém, conforme Rodrigues *et al.* (2011), dentre as diversas possibilidades de utilização já estudadas, destaca-se o uso do bagaço na formulação de rações para bovinos, matéria-prima para produção de etanol, enchimento para comprimidos, embalagens biodegradáveis e também base para produtos dietéticos ricos em fibras. A Tabela 1 apresenta algumas possibilidades de utilização conforme a literatura.

Tabela 1. Diferentes aplicações para o resíduo de bagaço da mandioca de acordo com a literatura.

Alternativas de aplicações do bagaço da mandioca	Autores
Compósitos	Farias <i>et al.</i> , 2014; Teixeira <i>et al.</i> , 2009
Biossorvente	Oliveira <i>et al.</i> , 2019; Schwantes <i>et al.</i> , 2015
Materiais biodegradáveis	Ferreira <i>et al.</i> , 2019 Debiagi <i>et al.</i> , 2014
Biocombustíveis	Martinez <i>et al.</i> , 2018; Escaramboni <i>et al.</i> , 2018

(Fonte: os autores).

IV mostra de trabalhos de engenharia química



Diversos estudos indicam o bagaço de mandioca para a utilização em compósitos. Farias *et al.* (2014) observaram através de seus estudos, o aumento do módulo de elasticidade com a incorporação do bagaço de mandioca em polietileno de baixa densidade e a partir disso, afirmam que o bagaço de mandioca pode ser utilizado como um reforço estrutural, podendo ser empregado em embalagens, construções e peças automotivas. Contrariamente do que é apontado por Teixeira *et al.* (2009) que utilizaram nanofibras de celulose extraídas das fibras do bagaço de mandioca para incorporação de uma matriz termoplástica, plastificada com glicerol ou mistura de glicerol com sorbitol, a fim de melhorar as propriedades mecânicas e seu caráter hidrofóbico. Os autores concluíram, principalmente em amostras plastificadas com glicerol, diminuição da capacidade hidrofílica de captação de água, apontando assim a necessidade da realização de estudos aprofundados visando melhorar a propriedade dessa matriz termoplástica.

Ainda, o bagaço de mandioca vem sendo estudado por Oliveira *et al.* (2019) para a utilização do mesmo como biossorvente. Os autores concluíram que o bagaço possui potencial de biossorção e não têm necessidade de ser transformado em cinzas. Schwantes *et al.* (2015) também avaliaram o bagaço de mandioca, a casca e a casca + bagaço, como adsorventes naturais para a remoção de íons metálicos Cu (II) e Zn (II) de água contaminada por esses íons e obtiveram resultados positivos.

Materiais biodegradáveis receberam atenção nos últimos anos, pois quando descartados no meio ambiente decompõe-se facilmente pelos microrganismos (Ferreira *et al.*, 2019). A utilização do bagaço de mandioca e álcool polivinílico é estudada, de acordo com Debiagi *et al.* (2014), para o desenvolvimento de bandejas biodegradáveis, incorporando com óleos essenciais de cravo e orégano, a fim de analisar propriedades antimicrobianas, bem como, propriedades mecânicas e capacidade de absorção de água. Estudos realizados por Ferreira *et al.* (2019) indicaram que resíduos agroindustriais fibrosos podem ser empregados na produção de bandejas biodegradáveis por serem mais suscetíveis a degradação e por apresentarem alta capacidade de absorção de água durante o armazenamento.

Com o intuito de expandir a matriz energética, o bagaço de mandioca é considerado uma biomassa pertinente para a produção de biocombustíveis, por possuir um elevado teor de amido (Martinez *et al.*, 2018). Escaramboni *et al.* (2018) obtiveram amilase através da fermentação em estado sólido, utilizando resíduos agroindustriais como substrato. Posteriormente, a enzima foi aplicada com o bagaço de mandioca seco para a produção do hidrolisado, através dessa fermentação, obtiveram aproximadamente 42% da conversão dos açúcares redutores e rendimento de 89,2% de etanol. Em contrapartida, Martinez *et al.* (2018), realizaram estudos com quatro amostras de bagaço de mandioca de diferentes fabricantes de amido do Brasil, e obtiveram como resultado rendimento médio de 30% de etanol. Além disso, os autores afirmam que a produção de etanol a partir do bagaço de mandioca pode substituir cerca de 24% do etanol de primeira geração, apresentando potencial de produção.

4 CONCLUSÃO

Unidades industriais de processamento de mandioca geram grandes quantidades de resíduos, podendo trazer danos ao meio ambiente. Nesse contexto, busca-se alternativas para manejar esse resíduo, tendo em vista que possui ainda amido na sua composição além de grande

IV mostra de trabalhos de engenharia química



quantidade de fibras, podendo ser utilizados e transformados em produtos de valor agregado. Sendo assim, observou-se por meio da literatura que o bagaço de mandioca, além da aplicação *in natura* na alimentação animal, pode ser empregado em diversos setores, como na produção de compósitos, materiais biodegradáveis e produção de etanol. Portanto, esse resíduo pode ser aproveitado em diferentes setores, tornando os produtos obtidos mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- Debiagi, F.; Kobayashi, R. K. T.; Nakazato, G.; Panagio, L. A.; Mali, S. Biodegradable active packaging based on cassava bagasse, polyvinyl alcohol and essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 52, p. 664–670, 2014.
- Escaramboni, B.; Núñez, E. G. F.; Carvalho, A. F. A.; Neto, P. O. Ethanol biosynthesis by fast hydrolysis of cassava bagasse using fungal amylases produced in optimized conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 368-377, 2018.
- Farias, F. O.; Jasko, A. C.; Colman, T. A. D.; Pinheiro, L. A.; Schnitzler, E.; Barana, A. C.; Demiate, I. M. Characterisation of cassava bagasse and composites prepared by blending with low-density polyethylene. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 57 n. 6, p. 821-830, 2014.
- Ferreira, D. C. M.; Molina, G.; Pelissari, F. M. Biodegradable trays based on cassava starch blended with agroindustrial residues. **Composites Part B**, 2019.
- Fiorda, F. A.; Júnior, M. S. S.; Silava, F. A.; Souto, L. R. F.; Grossmann, M. V. E. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 4, p. 408-416, 2013.
- Lacerda, L. G.; Almeida, R. R.; Demiate, I. M.; Filho, M. A. S. C.; Vasconcelos, E. C.; Woiciechowski, A. L.; Bannach, G.; Schnitzler, E.; Soccol, C. R. Thermoanalytical and starch content evaluation of cassava bagasse as agro-industrial residue. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, p. 143–150, 2009.
- Martinez, D. G.; Feidan, A.; Bariccatti, R.; Zara, K. R. F. Ethanol Production from Waste of Cassava Processing. **Applied Sciences**, v. 8, p. 1-8, 2018.
- Oliveira, A. V. B., Rizzato, T. M., Barros, B. C. B., Fávaro, S. L., Caetano, W., Hioka, N., & Batistela, V. R. (2019). Physicochemical modifications of sugarcane and cassava agro-industrial wastes for applications as biosorbents. **Bioresource Technology Reports**, v. 7, 100294, 2019.
- Schwantes, D.; Gonçalves, A. C.; Junior Miola, A. J.; Coelho, G. F.; Santos, M. G.; Leismann, E. A. V. Removal of Cu (II) and Zn (II) from water with natural adsorbents from cassava agroindustry residues. **Acta Scientiarum**, v. 37, n. 3, p. 409-417, 2015.
- Souza, R. F.; Silva, I. F.; Silveira, F. P. M.; Diniz, M. A.; Rocha, I. T. M. Análise econômica no cultivo da mandioca. **Revista Verde**, v. 9, n. 2, p. 345 - 354, 2014.
- Teixeira, E. M.; Pasquini, D.; Curvelo, A. A. S.; Corradini, E.; Belfacem, M. N.; Dufresne, A. Cassava bagasse cellulose nanofibrils reinforced thermoplastic cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 78, p. 422-431, 2009.
- Rodrigues, J. P. M.; Caliar, M.; Asquiere, E. R. Caracterização e análise sensorial de biscoitos de polvilho elaborados com diferentes níveis de farelo de mandioca. **Ciência Rural**, v. 41, n. 12, p. 2196 - 2202, 2011.

IV mostra de trabalhos de engenharia química



AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESÍDUOS DE ALIMENTOS

Jadielson da Silva^{1*}, Aline Peiter¹, Janice Zulma Francesquett¹, Darciane Eliete Kerkhoff¹, Cláudia Verдум Viegas²

¹Faculdade Horizontina - FAHOR, Curso de Engenharia Química, Campus Arnaldo Schneider, Avenida dos Ipês, 565, Horizontina, RS, Brasil.

²Faculdade Horizontina - FAHOR, Curso de Engenharia de Alimentos

*js002907@fahor.com.br

Área do Trabalho: Processos industriais.

RESUMO

O processo de biodigestão anaeróbica, na ausência de ar, ocorre através da atuação de microrganismos que transformam a matéria orgânica em energia renovável, na forma de biogás. Para que um biodigestor funcione adequadamente, a biomassa utilizada como alimentação deve ser adequada e alguns parâmetros importantes precisam ser considerados. Diante disso, foram avaliados os parâmetros de pH, acidez volátil, alcalinidade, sólidos totais, sólidos voláteis e sólidos fixos de duas amostras diferentes de substratos: uma contendo somente dejetos suínos e outra contendo somente resíduos de alimentos, utilizando a alimentação de dejetos suínos como referência. Considerando as amostras analisadas, o pH ficou abaixo de 7,8 para as duas amostras, as amostras de alimentos mostraram um caráter mais ácido. Observa-se que os resíduos de alimentos possuem baixa concentração de sólidos voláteis, o que caracteriza, pouca produção de biogás, além disso não são muito estáveis, já que a alcalinidade ficou abaixo da faixa recomendada e esta é responsável pelo tamponamento do sistema. A alimentação composta de dejetos suínos se destacou por apresentar melhores resultados nas análises, quanto ao substrato contendo alimentos apresentou em geral uma tendência a maior instabilidade do sistema. Para uma produção eficiente o resíduo que está sendo digerido, não deve sofrer variações significativas, sendo assim, poderia-se considerar uma mistura entre dejetos suínos e resíduos de alimentos para uma alimentação mais estável, para tanto, são necessários novos testes.

Palavras-chave: *Resíduos orgânicos, Substrato, Biodigestor, Parâmetros de avaliação.*

1 INTRODUÇÃO

Biodigestores são sistemas utilizados para processar matéria orgânica, também chamada de biomassa, para produzir biogás. Trata-se de uma câmara fechada de maneira que não permite entradas de ar para dentro do equipamento, onde ocorre a digestão dos resíduos por microrganismos anaeróbios. O biodigestor geralmente é composto por dois recipientes, um para realizar a mistura da matéria orgânica com a água e outro para a fermentação anaeróbica, produzindo biogás e biofertilizantes (STEYER et al., 2002; ALVES, et al., 2010; CATAPAN, et al., 2010; SHUBEITA, et al., 2014). O biogás gerado no processo é um combustível renovável, que pode ter utilização doméstica,

IV mostra de trabalhos de engenharia química



na geração de energia elétrica e aquecimento, e pode ser usado na indústria automobilística, mas tais aplicações dependem da pureza do biogás (ALVES *et al.*, 2010; SOARES, *et al.*, 2018).

Diferentes tipos de materiais orgânicos podem ser utilizados para a produção de biogás, alguns têm mais potencial do que outros, como os resíduos alimentícios e dejetos suínos (KARLSSON *et al.*, 2014). De acordo com uma pesquisa realizada pela *Food And Agriculture Organization* (FAO) há um desperdício de cerca de 1,3 bilhão de toneladas de alimento por ano (FAO, 2013; ROCHA, 2016). Estes alimentos que são descartados no meio ambiente tem um custo ambiental e econômico muito grande e neste sentido, o reaproveitamento destes alimentos torna-se algo necessário, tendo como destaque a sua utilização na produção de biogás (FERREIRA, 2015; ROCHA, 2016).

A biodigestão é um processo complexo e necessita da avaliação de diferentes parâmetros como sólidos totais, sólidos voláteis, pH, alcalinidade, ácidos voláteis e oxigênio dissolvido, para manter os 4 estágios necessários para a produção de gás alinhados, sendo estes conhecidos por hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Além disto, a escolha do material correto a ser utilizado como substrato na alimentação do biodigestor tem influência no resultado do processo, tanto na qualidade do biogás, quanto na sua maximização da produção de energia (HERRERO, 2008; KARLSSON *et al.*, 2014). Diante do exposto, tem-se como objetivo deste trabalho avaliar o potencial do resíduo de alimento para a utilização como alimentação no biodigestor através da comparação de resultados físico-químicos obtidos para uma alimentação de dejetos suínos.

2 MATERIAL E MÉTODO

Os resíduos provenientes da suinocultura utilizados nos experimentos foram coletados em uma granja de suínos da região noroeste do estado e os resíduos de alimentos foram obtidos a partir das sobras de um restaurante do município de Horizontina. Após a coleta dos resíduos alimentares, realizou-se uma triagem para avaliação da composição deste resíduo alimentar e o mesmo foi preparado para utilização através da fragmentação, sendo na sequência enviado para trituração utilizando um liquidificador e homogeneização.

As avaliações de pH, acidez volátil e alcalinidade foram realizadas utilizando medidor de pH PHOX P1000. Para acidez volátil procedeu-se a titulação com solução padronizada de hidróxido de sódio 1 N, elevando o pH até 8,3. Para alcalinidade titulou-se com solução padrão de ácido sulfúrico 0,02 N, diminuindo o pH até 4,5. A análise de sólidos foi realizada com objetivo de avaliar os sólidos totais, voláteis e fixos. Todas essas análises foram realizadas de acordo com as metodologias descritas segundo Baird, Eaton & Rice (1979).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas realizadas, encontram-se descritos na Tabela 1.

IV mostra de trabalhos de engenharia química



Tabela 1- Resultado das análises físico-químicas para dejetos suínos e resíduos de alimentos.

Análises	Dejeto suínos	Resíduos de alimentos
pH	7,8	5,1
Acidez volátil (mg de CH ₃ COOH/L)	213,6	1818,3
Alcalinidade (mg de CaCO ₃ /L)	3834,2	1913,4
Sólidos totais (g/L)	422,7	143,5
Sólidos voláteis (g/L)	420,1	85,8
Sólidos fixos (g/L)	2,6	57,7

Como pode ser observado, o pH obtido para a alimentação por dejetos suínos, foi de 7,8, já para a alimentação por resíduos de alimentos foi de 5,1. Este último demonstrou-se com um caráter mais ácido e com discrepância em relação a condição ideal de pH seria entre 6,8 e 7,2 com limites de digestão ainda possível entre 6,5 e 7,5 (OLIVEIRA, 1993; FNR, 2010).

Para a acidez volátil e alcalinidade, os resultados das análises foram de 213,6 mg de CH₃COOH/L e 3834,2 mg de CaCO₃/L para o dejetos suínos e 1818,3 mg de CH₃COOH/L e 1913,4 mg de CaCO₃/L para a amostra de alimento, respectivamente. Nestas análises, ocorreu uma diferença relativamente grande entre as alimentações. Para acidez volátil, segundo Souza (1984), por mais que o valor de teor seja alto em comparação com a alimentação por dejetos suínos, não irá interferir no processo, pois concentrações de até 6000 a 8000 mg/L não são tóxicas à biodigestão anaeróbica, desde que o pH seja mantido próximo a neutralidade. Porém quanto a alcalinidade os resíduos de alimentos poderiam causar interferência no sistema. Segundo Souza (1984), a melhor faixa de alcalinidade fica entre 2500 a 5000 mg de CaCO₃/L, pois confere um bom tamponamento do meio da digestão. Sendo assim, a alimentação por resíduos de alimentos se encontra fora do intervalo recomendado, considerando este parâmetro. Isto poderia gerar uma instabilidade de pH, e por consequência, causar a parada da digestão.

Em relação a análise de sólidos, observa-se que o substrato composto de alimentos, possui uma carga mais baixa em sólidos totais e voláteis, entretanto com maior concentração de sólidos fixos em relação aos dejetos suínos. Considerando uma proporção mínima recomendada 120 g de sólidos voláteis para 1000 g de matéria seca (ST), encontrou-se 422,9 g e 84,3 g para dejetos suínos e alimentos, respectivamente. Com isto, nota-se que o biodigestor alimentado por alimentos teria menor probabilidade de geração de biogás, por estar abaixo da proporção recomendada quando avaliado em relação a quantidade de sólidos presentes nos substratos (ALVES, et al., 2010). Entretanto, sabe-se que para a real verificação da eficiência do processo de biodigestão, todos os parâmetros devem ser analisados em conjunto.

Quanto a alimentação por resíduos de alimentos, obteve-se um caráter mais ácido na avaliação de pH em função de uma grande presença de alimentos ácidos como abacaxi e laranja. Para melhor eficiência do sistema, provavelmente deveriam ser selecionados resíduos com menor teor deste tipo de alimento, pois o pH baixo pode vir a comprometer o funcionamento do biodigestor (OLIVEIRA, 1993; FNR, 2010). Além disso, foi obtido baixa concentração de sólidos voláteis e um tamponamento baixo. Sendo assim, este sistema, apresenta seu maior problema, na estabilidade do pH, pois a concentração de sólidos voláteis está mais relacionada com a quantidade de biogás que pode ser produzido. Para viabilizar este processo, deveria-se realizar uma adição de um lodo estável

IV mostra de trabalhos de engenharia química



com grandes quantidades de microrganismos metanogênicos, pois segundo Sotti (2014), sistemas que são iniciados sem esta adição, podem apresentar baixas taxas de produção de biogás além de serem mais suscetíveis a mudanças físico-químicas. Sendo assim, uma mistura de alimentos e dejetos suíno como alimentação poderia se tornar eficiente.

4 CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos, observou-se que a alimentação contendo os dejetos suínos, como esperado, se destacou por apresentar os melhores resultados nas análises. Já a alimentação com resíduos de alimentos, além de instabilidade possui baixo teor de sólidos voláteis, que está ligado a quantidade de biogás a ser produzido.

Para uma produção eficaz de biogás é preciso que o resíduo digerido não sofra variações significativas que possam interromper a biodigestão anaeróbica, no decorrer do tempo do processo. Poderia-se então, considerar uma mistura com uma certa proporção de dejetos suínos na alimentação. Para tanto, são necessários novos testes incluindo diferentes proporções de resíduos suínos e resíduos de alimentos, bem como, o monitoramento da produção do biogás para cada um dos substratos no biodigestor.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. E. N.; INOUE, K. R. A.; BORGES, A. C. **Biodigestores: construção, operação e usos do biogás e do biofertilizante visando a sustentabilidade das propriedades rurais.** II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2010.
- BAIRD, R. B.; EATON, A. D.; RICE, E. W.; **Standard Methods: for the examination of water and wastewater.** ed., 23°. Publication Office American Public Health Association 800 | Street, NW Washington, DC 20001-3710. ISSN 55-1979.
- CATAPAN, Anderson; CATAPAN, Dariane Cristina; CATAPAN, Edilson Antonio. **Formas alternativas de geração de energia elétrica a partir do biogás: Uma abordagem do custo de geração da energia.** Belo Horizonte, Minas Gerais. 2010.
- FAO - Food and Agriculture Organization. **Food wastage footprint: Impacts on natural resources.** Organization of the United Nations. p.63. Italia, Roma. 2013.
- FERREIRA, B. O. **Avaliação de um sistema de metanização de resíduos orgânicos alimentares com vistas ao aproveitamento energético do biogás.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. 2015.
- FNR. Fachagentur Nachwachsende Rohstoff e. V. **Guia prático do biogás: Geração e utilização.** Ministério da Nutrição, Agricultura e Defesa do Consumidor (BMELV), 2010.
- HERRERO, Jaime Martí. **Biodigestores familiares: guia de diseño y manual de instalación.** La paz: GTZ-Energia. Bolivia, 20008.
- KARLSSON, T.; KONRAD, O.; LUMI, M.; SCHMEIER, N. P.; MARDER, M.; CASARIL, C. E.; KOCH, F. F.; PEDROSO, A. G. **Manual básico de biogás.** Lageado: Ed. da Univates, 2014.
- OLIVEIRA, P. A. V. (Coord.). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos.** Concórdia: EMBRAPA/CNPQA, 1993. (EMBRAPA CNPQA.Documento, 27).
- ROCHA, Camila Marçal. **Proposta de implantação de um biodigestor anaeróbio de resíduos alimentares.** 2016.

IV mostra de trabalhos de engenharia química



SHUBEITA, F.M.; WEBBER, T.; FERNANDES, R.; MARCON, C. POEHLS, L. B. **Um Estudo sobre Monitoramento e Controle de Biodigestores de Pequena Escala.** PUCRS, Porto Alegre, RS. 2014.

SOUZA, M. E. **Fatores que influenciam na digestão anaeróbia.** Revista DAE, v. 44, n. 137, p. 88-94, 1984.

SOARES, F. V.; PINA, M. A. J. S.; PERICOLI, V. E. N. A. **Análise da produção e aplicações do biogás.** CIPPEX, 2018.

SOTTI, G. Biogás de digestão anaeróbia dos resíduos orgânicos de restaurante universitário com efluente sanitário. Universidade Tecnológica federal do Paraná Departamento de Engenharia Ambiental, Londrina, 2014.

STEYER, J. et al. **On-line measurements of COD, TOC, VFA, total and partial alkalinity in anaerobic digestion processes using infrared spectrometry.** Water Science and Technology, vol. 45, n. 10, pp. 133-138, 2002.



AVALIAÇÃO DA ELABORAÇÃO E DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITO PLÁSTICO-MDF

Danieli Emmel Becker^{1,*} e Patricia Siqueira Alves¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*danieli.becker@hotmail.com

RESUMO

Com a elevação do valor da madeira maciça, tem-se o aumento da produção de painéis de MDF empregados na indústria moveleira. Conseqüentemente, são produzidas maiores quantidades de resíduos desse material. Outro resíduo gerado em indústrias de móveis é o plástico bolha. Em meio a isso, e devido a Política Nacional de Resíduos Sólidos, as empresas procuram alternativas, com foco em materiais que agreguem valor, como os compósitos. Os quais são a combinação de dois ou mais materiais de propriedades diferentes. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo produzir e caracterizar mecanicamente um compósito de resíduo de MDF e PEBD reciclado. Para tanto, inicialmente, definiram-se as condições de processamento, após os compósitos foram preparados e caracterizados. Com os experimentos, constatou-se que os parâmetros 190 °C, 9 t, 5 min e 10 g são as melhores condições de processamento. Além disso, observou-se que o compósito contendo 30% MDF, apresentou maior resistência a ruptura.

Palavras-chave: Plástico reciclado. Compósito.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por madeira e o desmatamento, combinados com as preocupações ambientais e as mudanças nas práticas de gestão florestal, tornam o custo da madeira maciça alto (Fearnside, 2006; Magnoni Júnior, 2016). Com isso, surgiram uma gama de novos produtos derivados da madeira, buscando a otimização do uso da matéria-prima e redução dos custos de processamento. Um exemplo é o MDF (Magnoni Júnior, 2016).

O MDF é uma chapa fabricada com fibras celulósicas misturadas com resinas sintéticas, e que prensadas a quente, resultam em painéis amplamente utilizados na indústria de móveis (Mattos *et al.*, 2008). Na fabricação e processamento do MDF são gerados resíduos como: retalhos e pó de MDF, que não devem seguir para aterros, pois são tóxicos, devido à tinta e a resina empregada na confecção das chapas (Cassilha *et al.*, 2004; Schlotfeldt, 2015).

Outro resíduo produzido em indústrias de móveis é o plástico bolha, empregado na embalagem das chapas de MDF e de outros materiais (Schlotfeldt, 2015). O plástico bolha, é um polímero, geralmente, o polietileno. Este pode ser de baixa densidade, alta densidade e ultra-alto peso molecular. O polietileno de baixa densidade pode ser aplicado em filmes para embalagens, isolamento de fios, garrafas, tubos, objetos domésticos, como é o caso do plástico bolha (Askeland *et al.*, 2015).

IV mostra de trabalhos de engenharia química



Atualmente, as empresas são obrigadas a seguir a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2017). Em meio a isso, buscaram-se alternativas com foco em materiais que agreguem valor aos resíduos industriais. Uma solução são os materiais compósitos, que consistem na combinação de dois ou mais materiais, que geram uma combinação de propriedades (Askeland *et al.*, 2015). Esses materiais são formados por uma fase descontínua, comumente são os reforços, como por exemplo fibras de vidro, de aramida, de carbono, fibras naturais e resíduos, como o pó de MDF; e outra contínua, denominada de matriz, onde se enquadram os polímeros e as resinas (Marinucci, 2011). Neste contexto, este trabalho teve como objetivo produzir e caracterizar mecanicamente um compósito de resíduo de MDF e plástico bolha (PEBD).

2 MATERIAL E MÉTODO

Os materiais utilizados são resíduos de uma empresa da região de Santo Ângelo/RS. Então, inicialmente, o MDF – resíduo do processo de fabricação de móveis –, foi peneirado, para retirada de partículas mais grosseiras, em peneira de 28 *mesh*. E o PEBD foi triturado em moinho de facas, do tipo Willey, com tamanho de 2 mm. Após, iniciaram-se os testes iniciais de preparo do compósito, sendo as placas formadas de 10 g de material, o tempo estipulado para formação igual a 5 min e a pressão de 9 t. Nestes testes, empregou-se a proporção de 40% MDF. Pesaram-se as respectivas massas de PEBD e MDF, e misturou-se. A seguir, espalhou-se, uniformemente, a mistura entre dois filmes de poliamida (lâmina de retroprojektor). Então, o material foi alocado na prensa quente. Também se realizou o teste com o material “branco” com a matriz.

Depois, prosseguiu-se para a confecção dos compósitos, seguindo a metodologia já descrita nos testes iniciais, a temperatura de processamento definida e as composições da Tabela 1.

Tabela 1. Composições a serem confeccionadas do compósito plástico-MDF

Amostra	% MDF (%)	% PEBD (%)
1	25	75
2	30	70
3	35	65
4	40	60
5	50	50
6	60	40
BRANCO	0	100

(Fonte: as Autoras).

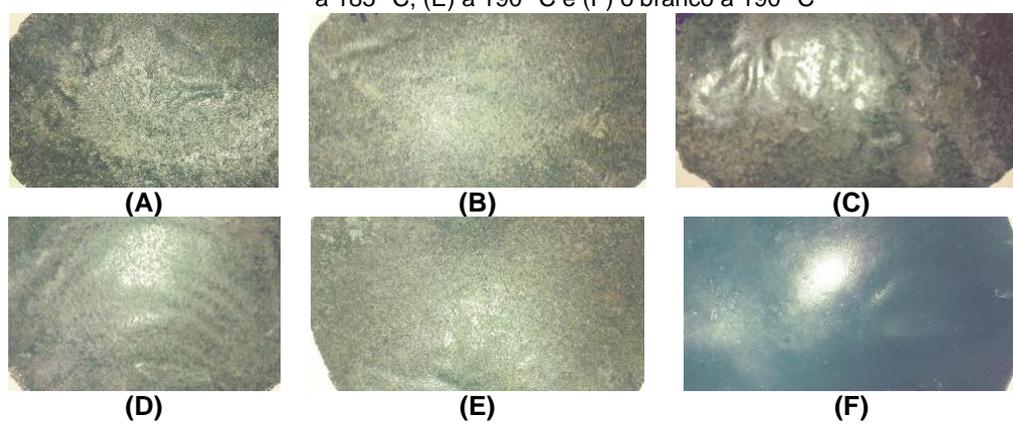
Para a realização do ensaio de tração, utilizou-se como referência a norma ASTM D638 (2010) – tipo IV – método de teste padrão para propriedades de tração de plásticos reforçados ou não. O ensaio de tração foi realizado em máquina universal de ensaios de marca Emic DL 30000 N, possuindo célula de carga 2 kN e velocidade igual a 5 mm/min.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os testes iniciais de formação dos compósitos, obtiveram-se os resultados apresentados na Figura 4. Nesta, pode-se perceber que com 170 °C o material apresentava muitas imperfeições, ou seja, não se demonstrava muito liso, pois tinha regiões com curvas em sua superfície

(Figura 4 (A)). O mesmo foi constatado nas temperaturas de 175, 180 e 185 °C, das Figuras 4 (B), (C) e (D), respectivamente. Contudo, na Figura 4 (E), em que se empregou 190 °C, verifica-se uma menor quantidade de imperfeições, fazendo com que a placa seja mais uniforme (lisa) e por isso foi essa a temperatura definida como ótima na produção dos compósitos. Ainda, verificou-se na Figura 4 (F) que quando realizado o teste branco, na temperatura de 190 °C, houve uma completa fusão do material, sem sinais de degradação ou queima.

Figura 4. Resultados dos testes iniciais de formação do compósito: (A) a 170 °C, (B) a 175 °C, (C) a 180 °C, (D) a 185 °C, (E) a 190 °C e (F) o branco a 190 °C



(Fonte: as Autoras).

A partir da temperatura de processamento definida, realizou-se a confecção dos compósitos em diversas composições e os ensaios de tração. Os resultados podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados obtidos no teste de tração dos compósitos produzidos

% MDF	% PEBD	Tensão (MPa)
25	75	6,09 ± 0,57
30	70	6,33 ± 0,58
35	65	6,08 ± 0,57
40	60	5,13 ± 0,39
50	50	5,06 ± 0,19
60	40	5,34 ± 0,32
0	100	9,60 ± 0,76

(Fonte: os Autores).

A partir da Tabela 2, percebe-se que o compósito que apresentou a melhor resistência a ruptura foi o que continha 30% MDF e 70% PEBD, sendo o valor de tração média de $6,33 \pm 0,58$ MPa. Valor e composição que não coincidem com o encontrado por Àvila (2019), que realizou um estudo semelhante, entretanto empregando MDF peneirado na malha de 100 *mesh*, e que obteve como melhor resultado 40% de MDF com resistência à tração de 2,94 MPa. Em comparação com Àvila (2019) verifica-se que com o aumento do tamanho das partículas empregadas, tem-se uma diminuição da melhor concentração de MDF, mas também demonstra que o material fabricado neste trabalho possuiu maior resistência a ruptura. Além disso, pode-se perceber que quando a percentagem de MDF adicionado é maior que 30% ou inferior a este, menor é a resistência a ruptura que o material apresenta. Mas também, pode-se constatar que a resistência do compósito ($6,33 \pm$



0,58) é inferior ao do PEBD puro ($9,60 \pm 0,76$), ou seja, que o teste em branco. Resultado que coincide com Coutinho *et al.* (2003), os quais afirmam que o polietileno puro tem resistência a tração entre 6,9 e 16 MPa.

4 CONCLUSÃO

Em relação aos experimentos realizados, constatou-se que as condições de processamento do compósito plástico-MDF são de 190 °C, 9 t, 5 min e 10 g. Também, observou-se no ensaio de tração, que com quantidades maiores ou menores que 30% MDF, ocorre a diminuição da tensão suportada. Sendo o compósito com 30% de MDF, aquele que apresentou a maior resistência a ruptura.

REFERÊNCIAS

- ASKELAND, *et al.*. **Ciência e engenharia dos materiais**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015. xvii, 648 p.
- ASTM: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics – ASTM D638, 2010.
- ÁVILA, G. D. **Avaliação da utilização de resíduos oriundos de indústria moveleira como matéria-prima para produção de compósito plástico-madeira**. 2019. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Santo Ângelo, 2019.
- BRASIL. **Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010** - Política Nacional de Resíduos Sólidos. 3. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2017.
- CASSILHA, A. C. *et al.*. Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. **Revista Educação & Tecnologia**, v. 8, p. 209-228, 2004.
- COUTINHO F.M.B; *et al.*. Polietileno: Principais Tipos, Propriedades e Aplicações. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 13, nº 1, p. 1-13, 2003.
- FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica**, vol. 36, n, 3, p. 395-400, 2006.
- MAGNONI JÚNIOR, L. **Programa Educativo e Social JC na Escola: Ciência Alimentando o Brasil**. São Paulo: Centro Paulo Souza, 1 ed., 2016.
- MARINUCCI, G. **Materiais compósitos poliméricos: fundamentos e tecnologia**. São Paulo: Artliber, 2011. 333 p.
- MATTOS, R. L. G.; *et al.*. Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas. **BNDES Setorial: Produtos florestais**, n. 27, p. 121-156, mar. 2008.
- SCHLOTEFELDT, J. de O. **Sistema de gestão ambiental em uma indústria de móveis de madeira**. 2015. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Contábeis) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2015.
- SENSOR MQ135 (qualidade do ar) para arduino na sua automação residencial. Disponível em: <<http://www.experimentosdegaragem.com.br/2017/06/21/sensor-mq135-qualidade-do-ar/>>. Acesso em: 30 nov. 2018.



CARACTERIZAÇÃO DE GRÃOS DE LENTILHA UTILIZANDO O SOFTWARE IMAGEJ

Letícia Andreola^{1,*}, Gabriel Roque Kuhn¹, Joceane Kaspar¹, Isaac Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*leticiaandreola03@outlook.com

Área do Trabalho: Operações Unitárias.

RESUMO

A granulometria é um tipo de pesquisa onde se determina a ocorrência de partículas com tamanhos específicos, e é um dos elementos chave para assegurar e prever a performance e consistência de produtos. A análise de imagem é um dos métodos cujo é possível identificar o tamanho das partículas, de forma computacional, desta forma, sendo possível também, obter o diâmetro de Ferret. Inúmeros softwares podem utilizar, um software livre e com o código aberto, que faz essa análise é o software ImageJ, amplamente utilizado e que funciona em várias plataformas, entretanto esse tipo de análise requer que sejam analisadas entre 100 e 2000 partículas. Assim, nesta pesquisa, fez-se uma análise granulométrica de grãos de lentilha, comparando os resultados obtidos de volume e área superficial do grão, utilizando o método da calota esférica, de Prêve e de Tang e Sokhansanj, onde observou-se que os métodos da calota esférica e de Prêve tiveram resultados semelhantes, enquanto o método de Tang e Sokhansanj divergiu.

Palavras-chave: *granulometria, lentilha, ImageJ.*

1 INTRODUÇÃO

A medida do tamanho de um grão é denominada por Suguio (1973) como granulometria. De acordo com Zeglen et al. (2016), granulometria é um tipo de pesquisa para se determinar a ocorrência de partículas com tamanhos específicos. Para se estabelecer a granulometria de um material deve-se determinar o tamanho das partículas, bem como a constância em que ocorrem em determinada classe ou tamanho (LIMA et al., 2001),

Como parte integrante do controle da qualidade de muitos processos, a granulometria das partículas possui uma função importante e todo o conhecimento que se possa adquirir com relação a distribuição deste tamanho é bastante funcional (CENTERI, 2015). Segundo Wedd et al. (2018), a determinação do tamanho de partículas é um dos elementos chave para assegurar e prever a performance e consistência de produtos, e a gama de materiais e processos para os quais a granulometria é importante é vasta.

A análise de imagem é um dos métodos, segundo Wennd *et al* (2018), para determinação do tamanho de partículas. A técnica de análise de imagens refere-se a análise computacional de imagens digitalizadas (Araújo, 2001). Ao conseguir a imagem digitalizada é possível obter medições relativas ao diâmetro das partículas, normalmente conhecido como diâmetro de Feret, que são as distâncias entre duas tangentes em lados opostos da feição em direções fixas (Cremasco, 2014).

IV mostra de trabalhos de engenharia química



Desse modo, muitos softwares podem ser utilizados para a análise de imagens. O ImageJ é um programa livre de análise de imagens com código aberto, amplamente utilizado, que funciona em múltiplas plataformas (Schneider et al., 2012).

Entretanto, a análise de imagens apresenta um problema-chave, que é a determinação do número mínimo de partículas a serem analisadas, cujo valor varia entre 100 a 2000 partículas (Cremasco, 2014).

Nesse contexto, o objetivo proposto foi determinar o diâmetro de Ferret e a espessura de uma amostra de grãos de lentilha através da análise de imagens, utilizando o software ImageJ. Como também, calcular o volume médio e área superficial média dos grãos de lentilha. Para, assim, analisar e comparar os resultados com outras pesquisas.

2 MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizados 150 grãos de lentilhas, cujo as mesmas foram fotografadas, em um fundo branco, juntamente com uma régua. Após, com o auxílio do software ImageJ, foram medidos os diâmetros horizontal e vertical da partícula.

Em seguida, com os valores obtidos, calculou-se o Diâmetro Médio de Ferret, Equação 1.

$$Dm = \frac{Dx+Dy}{2} \quad \text{Equação 1}$$

Após, registrou-se uma imagem frontal de 20 grãos de lentilha e assim, mediu-se a espessura do grão, novamente com o auxílio do software ImageJ. Após, tomando como definição que a lentilha se assemelha com uma calota esférica, calculou-se, utilizando as Equações 2 e 3, o volume e a área superficial da calota esférica, segundo Lula (2013).

$$V_{calota} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h^2 \cdot (3r - h) \quad \text{Equação 2}$$

$$S_{calota} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h \quad \text{Equação 3}$$

Em seguida, utilizou as equações de Prêve (2015), descritas a seguir, calculou-se novamente o volume e a área superficial do grão de lentilha.

$$V_{calota} = \frac{\pi \cdot h}{3} \cdot (3r^2 + h^2) \quad \text{Equação 4}$$

$$S_{calota} = 2\pi \cdot (r^2 + h^2) \quad \text{Equação 5}$$

Após, tomou-se por referência os estudos de Tang e Sokhansanj (1993), para calcular novamente o volume e a área superficial, desta vez definindo o grão de lentilha como semelhante a uma lente, com as equações utilizadas por Oliveira, Freire e Maia (2016).

$$V_{calota} = \frac{\pi \cdot h}{3} (3a^2 + h^2) \quad \text{Equação 6}$$



$$S_{calota} = 2\pi(a^2 + h^2)$$

Equação 7

Por fim, comparou-se os valores obtidos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisou-se 150 grãos de lentilha por meio do software ImageJ, para isso registrou-se uma imagem superior dos grãos, representada pela Figura 1. O software possibilitou medir as distâncias nos planos x e y de cada grão, dessa forma, a partir dessas medidas calculou-se o diâmetro de Ferret, utilizando a Equação 1. Uma vez que, segundo Cremasco (2014) o diâmetro de Ferret é a distância entre duas tangentes em lados opostos a feição em direções fixas. Além disso, utilizou-se o Excel como base para os cálculos, obtendo assim, uma média de diâmetro de Ferret de 0,67975 cm.

Figura 1. Vista superior das amostras de lentilhas para a determinação das propriedades geométricas via software.



(Fonte: os autores)

Ademais, foi possível realizar a medida da espessura do grão, para isso, foi registrada uma imagem frontal dos grãos de lentilha, conforme Figura 2. Onde, através do software ImageJ mediu a espessura de 20 grãos, obtendo uma média de 0,2866 cm. Entretanto, para fins de cálculo do volume e da área, o grão de lentilha compara-se a duas calotas esféricas, assim, a altura do grão foi dividida pela metade para se obter a altura da calota, o qual adquiriu-se uma média 0,1433 cm.

Figura 2. Vista superior das amostras de lentilhas para a determinação das propriedades geométricas via software.



(Fonte: os autores)

De acordo com Tang e Sokhansanj (1994), o diâmetro das sementes de lentilha variam entre 2 e 9 mm. Já Bragança (2015), através de um paquímetro digital e uma amostra de 100 grãos, obteve uma média de 6,356 mm de diâmetro e 2,422 mm de espessura.

IV mostra de trabalhos de engenharia química



Para calcular o volume e a área superficial do grão de lentilha, utilizou as Equações 2 e 3, referentes a calota esférica, assim obteve-se $0,03768 \text{ cm}^3$ e $0,6120 \text{ cm}^2$.

Entretanto, Prêve (2015) desenvolveu um modelo para os cálculos de volume e área superficial de uma lentilha, conforme Equações 4 e 5, seguindo, obteve-se $0,05508 \text{ cm}^3$ e $0,8548 \text{ cm}^2$.

Já, de acordo com Tang e Sokhansanj (1993), a geometria de uma semente de lentilha assemelha-se a uma lente. Desse modo, Oliveira, Freire e Maia (2016) utilizaram as Equações 6 e 7 para calcular o volume e a área superficial do grão de lentilha, assim, obteve-se $0,21109 \text{ cm}^3$ e $3,0322 \text{ cm}^2$.

Dessa forma, analisando os três modelos, vê-se que os resultados do modelo da calota esférica e do modelo de Prêve (2015) foram similares. Já, comparados ao modelo utilizado por Oliveira, Freire e Maia (2016), os resultados são divergentes.

Para Papini (2003), se a determinação de distribuição granulométrica for realizada de forma incorreta, podem ser geradas perdas econômicas decorrentes de produtos de baixa qualidade e de altas taxas de rejeição. Por isso, o autor defende que o conhecimento sobre a distribuição granulométrica dos materiais constitui pré-requisito básico para muitos processos produtivos envolvendo materiais particulados, e a distribuição granulométrica exerce uma influência significativa nas várias etapas dos processos de produção (transporte, compactação, sinterização etc.).

4 CONCLUSÃO

A análise granulométrica é fundamental em escala industrial, para muitos processos produtivos que envolvem materiais particulados. Dessa forma, a análise deve ser feita de forma analítica e com maior precisão possível. Uma vez que, baixa quantidade de partículas analisadas, como também, partículas muito pequenas e uma imagem de baixa qualidade, são fatores que inviabilizam a análise.

Outrossim, a pesquisa permitiu aprofundar conhecimentos, principalmente na análise de imagem digital utilizando o programa ImageJ, possibilitando que o software seja uma alternativa prática, de baixo custo e de fácil acesso para a maioria dos pesquisadores, especialmente quando as análises granulométricas são feitas de forma ocasional e com baixo número de amostras.

A pesquisa, portanto, obteve resultados significativos que condizem com a literatura: média de diâmetro de Ferret de $0,67975 \text{ cm}$ e espessura de $0,2866 \text{ cm}$. Os cálculos de volume e área foram realizados em 3 modelos, onde o modelo da calota esférica e de Prêve (2015) obtiveram resultados semelhantes, os quais divergiram do modelo utilizado por Oliveira, Freire e Maia (2016).

Todavia, os resultados obtidos podem estar associados a erros, como a representação da imagem estar distorcida e não condizer com a realidade, além disso, a baixa quantidade de amostra. Já que, quanto maior o número de partículas analisadas, maior será a viabilidade e garantia de um resultado com grau de confiança elevado.

IV mostra de trabalhos de engenharia química



NOMENCLATURA

D_m	Diâmetro de Ferret	[cm]
V	Volume	[cm ³]
S	Área Superficial	[cm ²]
r	Raio	[cm]
a	Diâmetro	[cm]
h	Altura da calota esférica ou da lente	[cm]

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, G. S. **Estudos de parâmetros texturais das areias para argamassas de revestimento através da análise de imagens**. Dissertação de Mestrado. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2001.
- BRAGANÇA, G. C. M. **Efeitos da hidratação prévia e da cocção sobre parâmetros de avaliação tecnológica e nutricional de lentilha**. 2015. 114 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas.
- CENTERI C., JAKAB G., SZABÓ S., FARSANG A., BARTA K., SZALAI Z., BIRÓ Z. **Comparison of particle-size analyzing laboratory methods**. Environmental Eng. and Management Journal, Vol. 14, p. 1125-1135, 2015.
- CREMASCO, M. A. **Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidodinâmicos**. São Paulo: Editora Blücher, 2014.
- LIMA, R.M.F.; LUZ, J.A.M. da. 2001 **Análise granulométrica por técnicas que se baseiam na sedimentação gravitacional: Lei de Stokes**. Rem: Rev. Esc. Minas, Ouro Preto, v. 54, n. 2, Jun 2001.
- LULA, K. P. **Aplicações do princípio de Cavalieri ao cálculo volumes e áreas**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional. Universidade Federal de Goiás.
- OLIVEIRA, F. A. M.; FREIRE, J. T.; MAIA, G. D. **Efeito da temperatura de secagem no encolhimento de sementes de lentilha**. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2016, Fortaleza/CE. Anais Eletrônicos. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2016. Disponível em: ><https://proceedings.science/cobeq/cobeq-2016/papers/efeito-da-temperatura-de-secagem-no-encolhimento-de-sementes-de-lentilha>< . Acesso em: 15 de junho de 2020.
- PAPINI, Claudemir José. **Estudo Comparativo de Métodos de Determinação do Tamanho de partículas**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de tecnologia Nuclear - Materiais). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- PRÉVE, D. T. **Problemas variacionais isoperimétricos com soluções de revolução descontínuas**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica.
- Schneider, C.A.; Rasband, W.S. & Eliceiri, K.W. 2012. **NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis**. Nature Methods, 9:671-675. Starkey, J. & Samantaray, A.K. 19
- SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo, SP: Ed. Edgard Blücher – EDUSP, 1973.
- Tang, J.; Sokhansanj, S. **A model for thin-layer drying of lentils**. Drying Technology, v.12, n.4, p. 849-867, 1994.
- TANG, J.; SOKHANSANJ, S. **Geometric Changes in Lentil Seeds Caused by Drying**. J. Agric. Engng. res., v.56, p.313-326, 1993.
- WEDD, M.; WARD-SMITH, S.; RAWLE, A. **Particle size Analysis. Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering**. Elsevier. 2018. Disponível em: ><https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.14522-6><. Acesso em: 16 de junho de 2020
- ŽEGLÉN; Katarzyna, et al. **Particle size distribution determination methods comparison based on sieve analysis and laser method**. Interdisciplinary Journal of Engineering Sciences. v. IV, n. 1, 2016. Disponível em: >[http://ijes.pwr.wroc.pl/?pl_volume-iv-\(2016\),49](http://ijes.pwr.wroc.pl/?pl_volume-iv-(2016),49)<. Acesso em: 16 de junho de 2020.



PRÉ-PROJETO DE UMA INDÚSTRIA VINÍCOLA

Suelyly Ribeiro Hollas^{1,*}, Amanda Calegari Zanuso¹, Caroline Engelmann¹, Danieli Emmel Becker¹, Enrique Chaves Peres¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*suelyhollas@yahoo.com.br

Área do Trabalho: Processos Industriais.

RESUMO

Desde que a uva chegou ao Brasil, em 1530, seu cultivo se destina, em cerca de 70%, para a produção de vinho. O Rio Grande do Sul foi o estado pioneiro na produção dessa bebida devido à forte imigração italiana e o clima temperado favorável ao cultivo da matéria-prima. Durante a produção do vinho, é preciso que ocorra a vinificação, conjunto de processos necessários para que a uva se transforme em vinho. Entre os processos envolvidos na vinificação, os mais importantes são a fermentação e a estabilização. A fermentação converte o açúcar em álcool etílico, e a estabilização fica responsável pela eliminação de compostos indesejados que são originados durante a etapa anterior. O projeto para implantação da vinícola iniciou-se com o estudo da viabilidade econômica, para escolha da rota e localização da indústria. Optou-se então pela produção de vinho tinto seco na cidade de Bento Gonçalves/RS. Posteriormente, tomou-se conhecimento de todas as matérias-primas, subprodutos e resíduos gerados no processo. Elaborou-se o diagrama de operações da produção do vinho tinto de mesa seco, no qual foi possível especificar as operações unitárias envolvidas no pré-processamento e purificação do produto. A partir deste diagrama, pôde-se então realizar o balanço de massa para cada equipamento, no qual se determinaram as quantidades de matéria-prima e dos produtos secundários gerados no processo. Dessa forma, chegou-se a uma quantidade de 6499,23 kg de uva para a produção de 5000 L de vinho com uma geração de 1673,1 kg de resíduos.

Palavras-chave: *fermentação, uva, vinificação.*

1 INTRODUÇÃO

A uva é uma fruta produzida por videiras, planta trepadeira da família *Vitaceae*. Começou a ser cultivada no continente asiático há cerca de 7 mil a.C., chegando ao Brasil em meados de 1530. De todo o cultivo mundial da fruta, cerca de 70% é destinado para a produção do vinho (CAMARGO *et al.*, 2005). O Rio Grande do Sul foi o estado brasileiro pioneiro na transformação da uva em vinho devido a dois fatores principais: a forte imigração italiana na região e o clima temperado favorável ao cultivo da matéria-prima dessa bebida (LIMA, 2010).

Para a produção de vinho, é necessário que ocorra a vinificação, que nada mais é do que todo o conjunto de processos que transformam a uva em vinho. Entre os processos envolvidos na vinificação, os mais importantes são a fermentação e a estabilização. A fermentação, etapa biológica da vinificação, ocorre com a adição de leveduras, as quais transformam o açúcar presente na uva em álcool etílico. Na maioria dos casos, a uva não apresenta a quantidade de açúcar necessária

IV mostra de trabalhos de engenharia química



para que o vinho tenha o teor alcoólico desejado para a conservação da bebida, por isso, é preciso adicionar açúcar (CAMARGO *et al.*, 2005).

Durante a fermentação, alguns elementos originados da uva ou das leveduras são indesejados no produto final, por isso é necessário que se tenha uma etapa de estabilização do vinho para retirar esses elementos. Nessa etapa, os compostos indesejados devem ser extraídos por meio de neutralização, sedimentação ou decantação com processos químicos ou físicos. O processo depende da substância a ser retirada e da eficiência de separação desejada pelo produtor (CAMARGO *et al.*, 2005). Essa etapa é fundamental para que o vinho seja considerado potável e possa ser engarrafado e consumido com segurança (GUERRA, 2002).

O objetivo do presente trabalho foi realizar um projeto de uma vinícola que estaria localizada na cidade de Bento Gonçalves, no Rio Grande do Sul. A indústria teria o nome fictício de Vinícola Piemont, a qual produziria vinho tinto seco de mesa para o público em geral com mais de 18 anos e que possa ingerir bebidas alcoólicas.

2 MATERIAL E MÉTODO

Primeiramente, realizou-se o estudo da viabilidade econômica de três rotas produtivas: vinho branco de mesa seco, vinho tinto de mesa seco e vinho moscatel espumante branco. Para isso, seguiu-se a metodologia apresentada por Peters e Timmerhaus (1991), na qual se fez um levantamento das quantidades necessárias das principais matérias-primas, seus valores por tonelada e a taxa de conversão dessas em vinho, sendo o preço de custo do produto final comparado com o valor comercial de uma garrafa de 750 mL. Depois de escolhida a rota que gerou maior lucro, definiu-se o local de implantação da indústria, e tomou-se conhecimento de todas as matérias-primas, subprodutos e resíduos gerados no processo, assim como as condições de operação dos equipamentos a serem utilizados, os quais foram representados em um diagrama de operações.

A partir do diagrama, foi possível calcular o balanço de massa para todos os equipamentos empregados na produção do vinho tinto. Para isso, estipulou-se a quantidade de 160.000 garrafas de vinho, de 750 mL, como a produção anual, divididas em 2 bateladas mensais de 5000 L. Utilizou-se a Equação 1 para a realização dos cálculos, os quais foram iniciados pelos equipamentos encontrados no final da linha produtiva até chegar-se nos primeiros, considerando-se as massas de entrada, saída, geração, consumo e acúmulo, em kg.

$$m_{acúmulo} = m_{entrada} - m_{saída} + m_{geração} - m_{consumo} \quad \text{Equação 1}$$

Para os cálculos, foi preciso recorrer a dados da literatura, como massa específica da água e do vinho, porcentagens de bagaço e engaço na uva, dados de conversão, perda de massa nos equipamentos e as composições das correntes de entrada e saída.

Por meio das Equações 1 e 2, comparou-se os resultados de R^2 e conseqüentemente definiu-se como o melhor resultado, o modelo que ficou mais próximo de 1, assim tornando-se o mais efetivo.

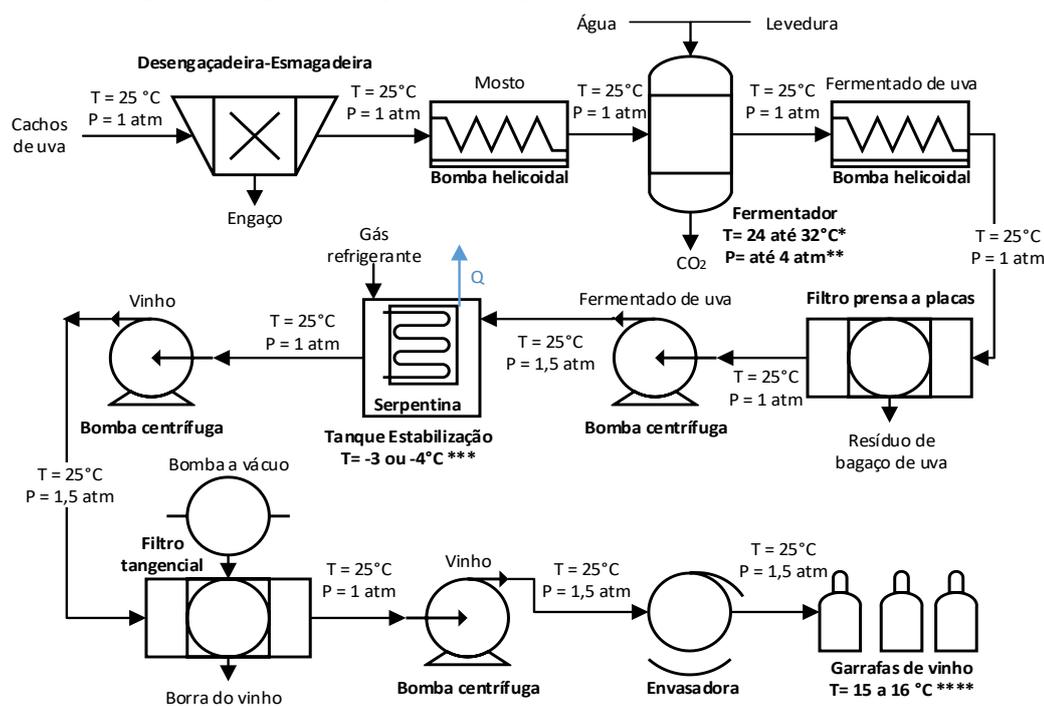
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a pesquisa de viabilidade econômica, observou-se que a rota produtiva do vinho tinto de mesa seco apresentou a segunda maior margem de lucro, contanto, nesta análise de viabilidade

levou-se em conta apenas as matérias-primas principais (açúcar e uva). Assim, apesar de não ter a maior margem de lucro, tal vinho também não apresenta adição de diversos componentes secundários, e, portanto, foi empregado como rota principal. Também se escolheu a região de implantação da vinícola, como sendo Bento Gonçalves/RS, devido à disponibilidade de matéria-prima.

Após, elaborou-se o diagrama de operações da produção do vinho tinto de mesa seco, no qual foi possível especificar quais as operações unitárias envolvidas no pré-processamento e purificação do produto, representando os equipamentos mais adequados para a realização destas etapas. Também foram apresentadas as melhores faixas de temperatura e pressão utilizadas no processo, assim como a descrição das matérias-primas adicionadas em cada etapa e os subprodutos/resíduos gerados, como é possível visualizar na Figura 1.

Figura 1. Diagrama de operações do processo de fabricação do vinho tinto.

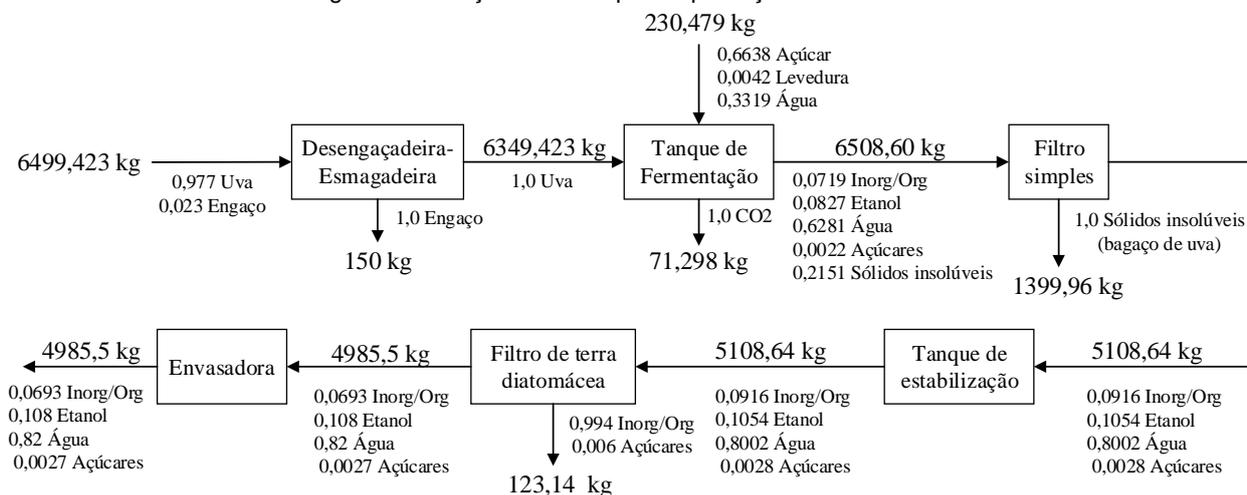


*Simões (2018): **Ribéreau-Gavon (2006): ***Chiapetta (2016): ****W2WE-Commerce de Vinhos S.A (2012)
(Fonte: As autoras)

A partir deste diagrama, pôde-se então realizar o balanço de massa para cada equipamento, no qual se determinaram as quantidades de matéria-prima e dos produtos secundários gerados no processo, resultados que podem ser encontrados na Figura 2.

Com a realização do balanço de massa de todo o processo, verificou-se que para a produção de 5000 L vinho tinto são necessários 6499,423 kg de cachos de uva Niágara bordô, 153 kg de açúcar, 0,979 kg de levedura e 76,5 kg ou L de água. Além disso, notou-se que são produzidos 1673,1 kg de resíduo, sendo 150 kg de engaço (9%), 1399,96 kg de bagaço de uva (83,7%) e 123,14 kg de borra de vinho (7,4%).

Figura 2. Balanço de massa para a produção de vinho tinto de mesa seco.



(Fonte: As autoras).

4 CONCLUSÃO

Após a escolha do vinho tinto de mesa seco como produto, foram definidos quais os processos que devem ser utilizados para a fabricação dessa bebida. Tendo o processo concluído e com a realização do balanço de massa para cada um dos equipamentos, a quantidade de uva necessária para a produção de 5000 L de vinho foi estimada.

Com aproximadamente 6499,42 kg de uva, além do volume de vinho citado anteriormente, obteve-se também uma quantidade de resíduo igual a 1673,1 kg, sendo que 9% representam o resíduo do engaço, 83,7% é bagaço de uva e 7,4% correspondem à borra do vinho.

REFERÊNCIAS

- CAMARGO, U. A. *et al.* **Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005.
- CHIAPETTA, M. S. **Do plantio das uvas ao armazenamento**: conheça tudo sobre o processo de produção do vinho. 2016. Disponível em: <<http://bit.ly/2OcwmXs>>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- GUERRA, C. C. Maturação da uva e condução da vinificação para a elaboração de vinhos finos. In: REGINA, M. A. (Ed.). **Viticultura e enologia**: atualizando conceitos. Caldas: EPAMIG, 2002.
- LIMA, L. L. A. **Caracterização e estabilização dos vinhos elaborados no vale do submédio São Francisco**. 2010. 140 f. Tese (Doutorado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.
- PETERS, M. S.; TIMMERHAUS, K. D. **Plant design and economics for chemical engineers**. 4. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1991.
- RIBÉREAU-GAYON, P. *et al.* **Handbook of Enology**: The Chemistry of Wine Stabilization and treatments. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2006.
- SIMÕES, L. **Elaboração do vinho**: como acontece a fermentação da uva? 2018. Disponível em: <<http://bit.ly/2qkzx7o>>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- W2W E-COMMERCE DE VINHOS S.A. **A temperatura ideal para servir e beber vinho**. 2012. Disponível em: <<http://bit.ly/2pIgbOD>>. Acesso em: 8 nov. 2019.

IV mostra de trabalhos de engenharia química



PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Viviane Fernanda Piveta^{1,*}, Nataly Leidens¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*vivianefpiveta@aluno.santoangelo.uri.br

Área do Trabalho: Processos Industriais.

RESUMO

Atualmente, explora-se cada vez mais alternativas de reaproveitamento de resíduos agroindustriais, promovendo a diminuição dos mesmos. Devido a dependência de combustíveis gerados a partir de fontes não renováveis, busca-se possibilidades em transformar materiais lignocelulósicos em etanol de segunda geração, sendo este uma opção renovável, reduzindo impactos ambientais, além de ser economicamente viável. Deste modo, o presente trabalho busca produzir etanol de segunda geração a partir de resíduos agroindustriais, como a palha de cana, sabugo de milho e palha de trigo. Por meio dos processos de pré-tratamento, hidrólise, fermentação e destilação, foi possível obter etanol com teores de 9%, 8% e 8%, para a palha de cana, sabugo de milho e palha de trigo, respectivamente. Com estes resultados, nota-se a potencialidade destes resíduos serem transformados em etanol 2G, porém, necessita-se testar novas concentrações de levedura, levando em considerações os interferentes no processo fermentativo, para obter melhores rendimentos.

Palavras-chave: *Reaproveitamento, fermentação, teores de etanol.*

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário global, tem-se desafios cada vez maiores nas questões de sustentabilidade, sendo que um dos setores que mais busca soluções para esse problema é o de geração de energia, por causa do aumento da sua demanda a cada ano, o que faz com que busque-se fontes alternativas de energia renováveis, como é o caso do uso de materiais lignocelulósicos, compostos por celulose, hemicelulose e lignina (Aguiar, 2017). O crescente aumento dos preços do petróleo e esgotamento das reservas, a poluição ambiental, e as alterações climáticas, impulsionaram novas formas de produção de energia renovável e menos poluente. Todos os combustíveis que são produzidos a partir de fontes biológicas renováveis são considerados biocombustíveis, podendo ser feitos a partir de fontes vegetais, como a cana-de-açúcar, milho e soja, e de fontes animais, como a gordura (biodiesel) (Abdala, 2017).

Uma das opções para o aproveitamento de materiais lignocelulósicos, é na utilização da fração celulósica de vegetais para a produção de etanol celulósico ou etanol de segunda geração (Da Cunha, 2015). O etanol de segunda geração destaca-se por ser uma área promissora, pois apresenta vantagens como a utilização de resíduos que inicialmente seriam descartados e que agora podem ser usados para aumentar o percentual de produção de etanol, bem como ser menos prejudicial ao meio ambiente (Sales *et al.*, 2018). Para a produção de etanol 2G, podem ser utilizadas diversas matérias-primas. Destas destaca-se o bagaço e a palha de cana-de-açúcar, ambos muito

abundantes e disponíveis. Além destes, outras matérias-primas podem ser utilizadas, como a palha de trigo, palha de arroz, palha de milho, sabugo de milho entre outros diversos materiais lignocelulósicos (Da Cunha, 2015).

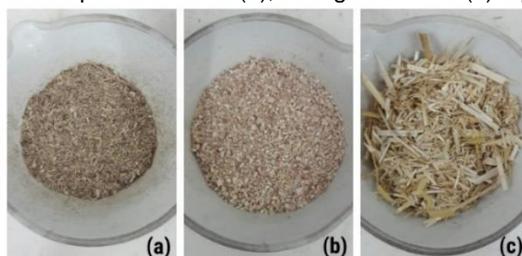
Para a produção deste tipo de etanol são necessárias mais etapas quando comparadas com o etanol de primeira geração, sendo estas o pré-tratamento, hidrólise, fermentação e a destilação. No pré-tratamento, rompe-se a estrutura cristalina da celulose e acessar os componentes diretamente conversíveis em etanol (Santos *et al.* 2013), enquanto que na hidrólise transforma-se os polissacarídeos e monossacarídeos em açúcares fermentescíveis. Em seguida, tem-se a fermentação, de modo que utiliza-se micro-organismos para produzir enzimas capazes de converter os açúcares em etanol, sendo que a *Saccharomyce cerevisiae* é a mais utilizada nesse processo (Aguar, 2017). Por fim, tem-se a destilação, esta que visa a separação de componentes presentes em uma mistura, de acordo com a volatilidade relativa de cada componente (Santos *et al.* 2013).

Deste modo, tem-se como objetivo reaproveitar diferentes resíduos agroindustriais para a produção de etanol de segunda geração, buscando novas alternativas para o reaproveitamento de matérias-primas com características lignocelulósicas que possam ser transformadas em etanol por meio dos processos de hidrólise e fermentação.

2 MATERIAL E MÉTODO

Primeiramente, para a obtenção de etanol de segunda geração, foram utilizados resíduos de palha de cana-de-açúcar, sabugo de milho e palha de trigo. Todas as amostras foram moídas em moinho de facas, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1. Amostras da palha de cana (a), sabugo de milho (b) e palha de trigo (c)



(Fonte: o Autor)

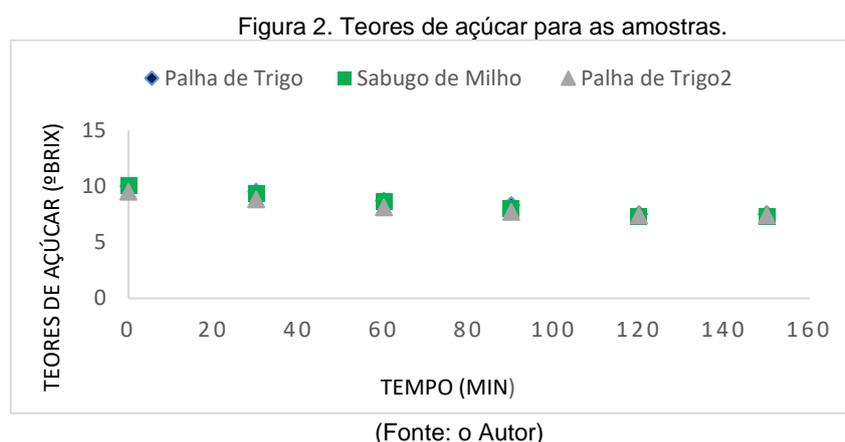
Em seguida, realizou-se o pré-tratamento das amostras, com a finalidade de obter-se açúcares fermentescíveis para a posterior etapa de fermentação. Foram colocadas juntamente com ácido sulfúrico, de concentração 1,45 %, na proporção de 1:20 (m/v), em um béquer e deixado sob agitação magnética durante um tempo de 75 minutos. Em seguida, lavou-se os resíduos com água destilada até a neutralização do pH 6. Após, os resíduos foram levados em estufa na temperatura de 105° C por 1 hora para a remoção da umidade e em seguida ao dessecador (De Assumpção, 2015). Após, realizou-se a hidrólise ácida, adicionando-se 2 g de cada resíduo com 20 mL de ácido sulfúrico 10%, levados em autoclave a 121 °C por 30 minutos. Em seguida, o material hidrolisado foi filtrado e a solução hidrolisada foi neutralizada até pH 5 com uma solução de NaOH (3M) (Da Silva, 2018).

O processo de fermentação foi realizado em temperatura ambiente, onde utilizou-se o caldo obtido na hidrólise ácida e adicionou-se a levedura *Saccharomyces Cerevisiae* na concentração de

10 g/L. As soluções foram levadas sob agitação constante e o medidos os teores de açúcares a cada 30 minutos com auxílio do refratômetro, até obtenção de valores constantes de ° Brix (Silva 2014). Após a fermentação, as soluções foram colocadas em evaporador rotativo, com rotação de 120 rpm, deixando-os destilar por aproximadamente 40 minutos até obtenção do etanol. Por fim, determinou-se com auxílio do alcoômetro os teores de etanol presentes em cada amostra (Luz *et al.* 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização das etapas de pré-tratamento, hidrólise, fermentação e destilação, plotou-se o gráfico de °Brix *versus* tempo, analisando os teores de açúcar, até a obtenção de valores constantes, que pode ser observado na Figura 2.



Como pode ser observado na Figura 2, os teores finais de açúcar para a palha de cana, sabugo de milho e palha de trigo foram de 7,5, 7,3 e 7,4 °Brix, respectivamente, para a concentração de 10 g/L da levedura *Saccharomyces Cerevisiae*. Após a destilação do fermentado, determinou-se os teores de etanol obtido, sendo estes de 9%, 8% e 8%, nesta ordem para os resíduos utilizados.

Dos Santos (2014), utilizando sabugo de milho para a produção de etanol 2G, obteve aproximadamente 6,5 °Brix iniciais e após 20 horas de fermentação, notou que o consumo foi até cerca de 4 °Brix, porém ocorreu um aumento do mesmo a partir deste tempo de fermentação, que pode ser justificado que a produção de etanol no fermentado atue na leitura do refratômetro, promovendo interferência nos valores reais. Segundo De Assumpção (2015), apesar da levedura *Saccharomyce cerevisiae* ser a mais utilizada para fins fermentativos e possuir uma alta tolerância ao produto formado, fatores como temperatura, pH e quantidade de matéria-prima podem interferir na produção de etanol durante a fermentação.

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, pode-se observar que os resíduos de palha de cana, sabugo de milho e palha de trigo, demonstraram-se matérias-primas potenciais para a produção de etanol

IV mostra de trabalhos de engenharia química



se segunda geração, além de promover a reutilização de subprodutos agroindustriais. No entanto, torna-se necessário estudar novas concentração de levedura e tempo de fermentação, buscando melhores rendimentos e eficiência deste processo.

REFERÊNCIAS

- ABDALA, T. O. **Análise comparativa dos processos de produção de etanol anidro**. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- AGUIAR, H. R. R. **Produção de etanol de segunda geração**. 2017. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Uberlândia, 2017.
- DA CUNHA, F. M. **Estratégias de melhoria do bioprocessamento de produção de enzimas celulolíticas por *Aspergillus niger* a partir de bagaço de cana-de-açúcar para a produção de etanol de segunda geração**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.
- DA SILVA, M. D. **Produção de etanol de segunda geração por *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26602 a partir da hidrólise ácida de sabugo de milho (*Zea mays* L.)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2018.
- DE ASSUMPCÃO, S. M. N. **Pré-tratamento químico combinado do bagaço da cana visando a produção de etanol de segunda geração**. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2015.
- DOS SANTOS, M. S. R. **Estudo de pré-tratamentos de palha e sabugo de milho visando a produção de etanol 2G**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2014.
- LUZ, M. A. D. *et al.* **Estudo do processo de evaporação do etanol não reagido após a reação de transesterificação do óleo de palma**. XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Universidade Federal do Pará, Fortaleza/CE 2016.
- SALES, A. L. *et al.* **Produção de etanol de segunda geração a partir da casca de pinhão**. Instituto Federal Catarinense. Araquari, 2018.
- SANTOS, F. A. *et al.* Otimização do pré-tratamento hidrotérmico da palha de cana-de-açúcar visando à produção de etanol celulósico. **Química Nova**, v. XY, n. 00, p. 1-7, 2013.
- SILVA G. M., CRUZ A. J. G. **Hidrólise e fermentação simultânea do bagaço de cana-de-açúcar pré-tratadohidrotermicamente**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2014.

IV mostra de trabalhos de engenharia química



RESÍDUOS LÍQUIDOS DE INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS NA PRODUÇÃO DE ETANOL: UMA BREVE REVISÃO

Carolina S. Fronza^{1,*}, Dinalva Schein¹, Andréia M. Lermen², Naiara J. Clerici³

¹Universidade Federal de Santa Maria, UFSM-Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS-Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente

³Universidade Federal da Fronteira Sul, UFFS-Cerro Largo, Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária

*carolsmaniottof@gmail.com

Área do Trabalho: Processos Industriais.

RESUMO

O etanol surge como um substituto aos combustíveis fósseis e como um produto com menor impacto ambiental, uma vez que pode ser produzido a partir de matéria-prima renovável e residual. Os resíduos industriais líquidos, por exemplo, são residuários ricos em matéria orgânica e nutrientes e que podem ser reutilizados na produção de etanol, evitando problemas de descarte e surgindo como matéria-prima de baixo custo. Nesse sentido, a presente pesquisa objetivou explorar a utilização desses resíduos na produção de etanol, através de uma breve revisão bibliográfica realizada nas plataformas Portal Periódicos Capes e Scopus. Desse modo, verificou-se que os resíduos das indústrias de laticínios têm se destacado pela utilização do soro de leite para a fermentação. Além disso, o resíduo líquido do processamento de mandioca, a manipueira também é uma alternativa estudada. As águas residuais e efluentes do setor alimentício também surgem como uma oportunidade, como é o caso dos efluentes da produção de refrigerantes e a água residual do moinho de azeitonas. Assim, o etanol de resíduos líquidos surge como alternativa à dependência de combustíveis, à escassez de recursos naturais e à preocupação ambiental.

Palavras-chave: *etanol, resíduos líquidos, indústria de alimentos, efluentes.*

1 INTRODUÇÃO

A crescente dependência de combustíveis e fontes de energia exige a busca por alternativas mais econômicas, renováveis e limpas, já que 80% da matriz energética mundial é de combustíveis fósseis e não renováveis, como o petróleo e o gás natural (Jardine, 2009). Ademais, com a vigência do Protocolo de Kyoto e a atenção dada às questões ambientais, a necessidade de um produto com menor impacto ambiental urge. Nesse sentido, o etanol surge como alternativa, visto que apresenta menor risco de contaminação de aquíferos, não emite compostos poluentes e materiais particulados e pode ser produzido a partir de matérias-primas renováveis e resíduos.

O etanol, ou álcool etílico (C_2H_6O), é o produto da fermentação dos açúcares presentes em produtos de origem biológica, utilizado nas indústrias de combustível, perfumaria e de bebidas. Os açúcares na matéria orgânica são metabolizados por microrganismos, geralmente bactérias e leveduras, habilitados a convertê-los em álcool etílico por meio de reações bioquímicas controladas enzimaticamente (Berni, 2006).



Como na produção de etanol a força motriz para a fermentação é a presença de açúcares, muitos substratos são utilizados como fonte de energia para os microrganismos. Usualmente, usa-se o milho, a cana-de-açúcar e a beterraba, no entanto, estudos têm destacado a aplicação de resíduos como substrato (Manochio, 2014). A indústria de alimentos, por exemplo, é responsável pela geração de uma grande quantidade de resíduos e efluentes líquidos que, conforme Pereira e Garcia (2017), são compostos por nutrientes e matéria orgânica rica em açúcares, fibras e de baixo custo econômico. Desta forma, os resíduos da indústria alimentícia fomentam a potencialidade do emprego destes como substrato para a produção de etanol.

Portanto, devido ao seu potencial energético, a possibilidade de produção de etanol por diferentes fontes de substrato e a viabilidade da reciclagem dos resíduos líquidos da indústria de alimentos, esse estudo objetivou explorar a utilização desses resíduos na produção de etanol.

2 MATERIAL E MÉTODO

Este estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica narrativa e não exaustiva acerca dos possíveis resíduos líquidos da indústria de alimentos que podem ser utilizados como matéria-prima alternativa para a produção de etanol. Foi realizada uma pesquisa exploratória da literatura científica sobre a temática, compreendida pela construção de um protocolo de busca, análise e seleção dos trabalhos encontrados. A coleta de dados foi realizada utilizando as bases de dados Scopus e Portal Periódicos Capes. Os descritores utilizados foram “ethanol”, “liquid residue”, “effluent” “food industry” e “production”. A busca na literatura foi realizada através da leitura, análise dos títulos e resumos e, os artigos sem conexão com a temática proposta foram removidos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resíduos e efluentes líquidos das indústrias de alimentos surgem como opção para reaproveitamento em processos, já que se apresentam em grande quantidade, são de baixo custo e podem ser dos mais variados tipos. Esses resíduos são constituídos por restos de matéria-prima que não são aproveitadas totalmente, tendo alta carga orgânica e apresentando-se como potenciais poluidores dos corpos hídricos, levando à eutrofização e degradação da qualidade da água (Bringhenti *et al.*, 2007). Portanto, uma alternativa para a destinação destes resíduos é na cadeia produtiva do etanol, como substrato para os microrganismos. Na Tabela 1 apresentam-se resíduos líquidos das indústrias alimentícias que podem ser empregados na produção de etanol.

Tabela 1. Resíduos Industriais Líquidos para produção de etanol.

Soro de Leite	Das <i>et al.</i> (2016); Murari <i>et al.</i> (2019); Parashar <i>et al.</i> (2016); Jin <i>et al.</i> (2016).
Manipueira	Bringhenti <i>et al.</i> (2007); Suman <i>et al.</i> (2011); Camili e Cabello (2007).
Efluente da indústria de refrigerantes	Isla <i>et al.</i> (2014).
Água residual de moinhos de azeite	Ntaikou <i>et al.</i> (2020); Nikolaou e Kourkoutas (2017).

IV mostra de trabalhos de engenharia química



Na indústria de laticínios, o soro de leite é o principal resíduo líquido, com volume produzido de 90% e composição rica em lactose. Variados estudos relataram a possibilidade do uso do soro de leite para a produção de etanol com a levedura *Kluyveromyces marxianus* (Das *et al.*, 2016; Murari *et al.*, 2019). Quando o soro de leite foi utilizado de forma natural sem processamento para concentração, os resultados apresentaram menor conversão de etanol, maior tempo de fermentação, e conseqüentemente, menor efetividade no processo. Alternativas como o emprego de soro de leite junto a outro substrato, a utilização de células imobilizadas de alginato de cálcio e do soro de leite concentrado mostraram-se mais eficientes na conversão de lactose em etanol e na redução do período de fermentação do processo (Parashar *et al.*, 2016; Jin *et al.*, 2016).

A manipueira, resíduo líquido do processamento da mandioca, também é outra alternativa promissora para a produção de etanol, visto que possui alta carga orgânica e percentuais de 6% de amido e 3% de açúcar. Usualmente, esse resíduo é utilizado na alimentação de animais, porém, suas características sugerem a possibilidade de aplicação na produção de produtos de maior valor agregado, como o etanol. Na fermentação alcoólica da manipueira o resíduo líquido necessita passar por uma etapa de hidrólise, para a transformação do substrato amiláceo em açúcares mais simples, os monossacarídeos (Bringhenti *et al.*, 2007). Suman *et al.* (2011), relataram que o fermentado alcóolico da manipueira hidrolisada apresentou teores de etanol que variavam de 3% a 4%, sendo que temperaturas mais brandas na fermentação favoreciam o rendimento do processo e o tornavam mais viável. Já Camili e Cabello (2007), testaram a flotação por ar induzido no pré-tratamento da manipueira, e alegaram que as concentrações de etanol foram semelhantes aos valores para quando não se aplicou o processo, variando entre 31,37 g L⁻¹ até 32,74 g L⁻¹.

Além do soro de leite e da manipueira, Isla *et al.* (2014) abordaram o uso dos efluentes de indústrias de refrigerante. Esses efluentes produzidos na fabricação de refrigerante são ricos em açúcares, podendo atingir valores de 12% de açúcares, visto que são compostos por bebidas rejeitadas que sofrem mal engarrafamento, tem falta de gás ou estão fora do prazo de validade. Os autores utilizaram *Saccharomyces cerevisiae* para realizar a fermentação desse efluente e relataram valores de 50 g L⁻¹ de etanol ao fim da fermentação.

Outro resíduo líquido que tem sido estudado é a água residual de moinhos de azeite. Esse efluente é composto por uma mistura de água vegetal, tecido mole da oliva e a água utilizada no processo de extração do óleo. Ntaikou *et al.* (2020) utilizaram o resíduo líquido como substrato para a *Saccharomyces cerevisiae*, relatando que a produção de etanol apresentou rendimentos satisfatórios, e este se intensificou com o pré-tratamento do resíduo por eletrocoagulação. Já Nikolaou e Kourkoutas (2017), propuseram a mistura de água residual de moinhos de azeite com melão de cana como substrato para a fermentação de etanol por *Saccharomyces cerevisiae*. Os autores defenderam que a combinação pode ser adotada pela indústria, uma vez que a cinética de fermentação revelou teores superiores a 67 g L⁻¹ de etanol.

4 CONCLUSÃO

O etanol surge como uma alternativa à dependência de combustíveis, à escassez de recursos naturais e à preocupação com o meio ambiente, uma vez que pode ser produzido a partir das mais variadas matérias-primas, como de resíduos líquidos das indústrias de alimento. Examinando os estudos publicados quanto a produção de etanol com resíduos líquidos das indústrias alimentícias,

IV mostra de trabalhos de engenharia química



observou-se a utilização de resíduos de diferentes segmentos alimentícios, como o soro de leite, a manipueira, as águas residuais de indústria de refrigerante e de moinhos de azeite. Conforme as pesquisas, esses substratos alternativos mostraram resultados promissores em relação a valores de conversão de etanol e à continuidade de pesquisas para a ampliação em escalas piloto e industrial.

Ainda há um amplo horizonte a ser investigado sobre o etanol a partir de resíduos líquidos, como a avaliação de novos resíduos para substratos, a aplicação de diferentes pré-tratamentos e condições operacionais para a obtenção de melhorias na eficiência do processo e o entendimento da utilização desses resíduos na produção de etanol.

REFERÊNCIAS

- Bringhenti, L.; Cabello, C.; Urbano, L. H. Fermentação alcoólica de substrato amiláceo e hidrolisado enriquecido com melaço de cana. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 429-432, 2007.
- Camili, E. A.; Cabello, C. Produção de etanol de manipueira tratada com processo de flotação. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 3, p. 1-4, 2007.
- Das, B.; Sarkar, S.; Maiti, S.; Bhattacharjee, S. Studies on production of ethanol from cheese whey using *Kluyveromyces marxianus*. **Materials Today: Proceedings**, v. 3, n. 10, p. 3253-3257, 2016.
- Isla, M. A.; Comelli, R. N.; Seluy, L. G. Wastewater from the soft drinks industry as a source for bioethanol production. **Bioresource Technology**, v. 136, p. 140-147, 2013.
- Jin, Y.; Parashar, A.; Mason, B.; Bressler, D. C. Simultaneous hydrolysis and co-fermentation of whey lactose with wheat for ethanol production. **Bioresource Technology**, v. 221, p. 616-624, 2016.
- Murari, C. S.; Machado, W. R. C.; Schuina, G. L.; Del Bianchi, V. L. Optimization of bioethanol production from cheese whey using *Kluyveromyces marxianus* URM 7404. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 20, p. 1-8, 2019.
- Nikolaou, A.; Kourkoutas, Y. Exploitation of olive oil mill wastewaters and molasses for ethanol production using immobilized cells of *Saccharomyces cerevisiae*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 9, p. 7401-7408, 2017.
- Ntaikou, I.; Antonopoulou, G.; Vayenas, D.; Lyberatos, G. Assessment of electrocoagulation as a pretreatment method of olive mill wastewater towards alternative processes for biofuels production. **Renewable Energy**, v. 154, p. 1252-1262, 2020.
- Pereira, A. C. A.I.; Garcia, M. L. Efeitos da disposição de lodo de estações de tratamento de efluentes (ETE) de indústria alimentícia no solo: estudo de caso. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 531-538, 2017.
- Suman, P. A.; Urbano, L. H.; Leonel, M.; Mischán, M. M. Efeitos de parâmetros de fermentação na produção de etanol a partir de resíduo líquido da industrialização da mandioca (manipueira). **Acta Scientiarum**. Technology, v. 33, n. 4, p. 379-384, 2011.

IV mostra de trabalhos de engenharia química



USO DE COLETORES SECOS DO TIPO FILTRO DE MANGAS: UMA ANÁLISE DO EMPREGO NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS

Naiara Jacinta Clerici¹, Andréia Monique Lermen², Dinalva Schein³, Carolina Smaniotto Fronza³

¹Universidade Federal da Fronteira Sul, UFFS – Cerro Largo, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS – Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente

³Universidade Federal de Santa Maria, UFSM – Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

*naiaraj.clerici@gmail.com

Área do Trabalho: Controle e instrumentação de processos.

RESUMO

A problemática acerca da poluição atmosférica não é recente, uma vez já presente no período da Revolução Industrial. No cenário atual com a expansão tecnológica e crescimento exponencial de novas necessidades, as indústrias se destacam pelo grande potencial poluidor atmosférico, por esse fato devem atender as legislações ambientais vigentes relacionada a esta problemática. Nesse sentido, objetivou-se demonstrar a efetividade de uso do sistema do filtro de mangas, caracterizado como um tipo de coletor seco de material particulado, abordando também as fragilidades deste sistema que visa minimizar a poluição atmosférica que notoriamente se destaca por ser causador de problemas de saúde humana. Foi realizado estudo exploratório da literatura científica sobre a temática, compreendido pela criação de protocolo de busca, análise e seleção dos trabalhos encontrados. A coleta de dados foi realizada utilizando as bases de dados SCOPUS e os descritores utilizados foram “coletores secos”, “filtro de mangas”, “material particulado” e “processos industriais”. A busca por um sistema de tratamento simplificado atrai a aplicação deste método, pois o princípio de funcionamento de um filtro de tecido é simples. O filtro de mangas é um equipamento enquadrado na categoria dos filtros de alta eficiência de coleta, chegando a alguns casos, a valores maiores que 99,9%, e suas vantagens sobressaem sobre as desvantagens. Nesta perspectiva, é fundamental desenvolver tecnologias e estudos que promovam o bem-estar da humanidade, por intermédio de equipamentos e métodos que visem minimizar a poluição atmosférica.

Palavras-chave: coletores secos, filtro de mangas, material particulado, processos industriais.

1 INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial foram emergidas consequências sobre a poluição atmosférica. Visto que as caldeiras a vapor alimentadas pela queima de combustíveis vegetais ou fósseis, acarretavam em grande geração de poluentes do ar como os materiais particulados, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono, os quais causam aumento do aquecimento global, além de efeitos prejudiciais nas vias respiratórias, interferindo na função imunológica, sistema respiratório e sistema nervoso central (Li *et al.*, 2016). Logo, com o reconhecimento dos problemas acarretados pelas atividades antrópicas, os principais desenvolvimentos tecnológicos no controle da poluição do ar através da engenharia durante o século XIX foram o queimador mecânico de carvão, o depurador para a remoção de gases ácidos, ciclones e coletores de poeira (Schiffner, 2002). Com essa explanação em paralelo com a história e desenvolvimento, pode-se entrar na atual perspectiva da poluição atmosférica, bem como no que diz respeito aos coletores secos de material particulado.

IV mostra de trabalhos de engenharia química



Especificamente ao que se refere aos filtros de mangas, que são comumente usados para remoção de partículas finas na purificação de gases (Saleem *et al.*, 2012).

A poluição atmosférica é um fator que pode gerar diversos efeitos sobre a saúde humana e ao meio ambiente em geral. Os limites de emissão de poluentes atmosféricos e os padrões de qualidade do ar são definidos no Brasil pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A qualidade do ar ambiente é estabelecida pela Resolução CONAMA nº 491/18, a qual especifica os padrões de qualidade do ar e fornece as bases pertinentes sobre as formas de controle, monitoramento e prevenção de episódios críticos de poluição do ar (BRASIL, 2018). A prevenção da poluição atmosférica proveniente das operações industriais pode ser realizada de diversas formas. No presente trabalho será abordado somente o uso de filtros de mangas que é um método pelo qual pode-se controlar a emissão de poluentes atmosféricos nos processos industriais (Schiffner, 2002).

2 MATERIAL E MÉTODO

Este estudo foi desenvolvido por meio de uma pesquisa de revisão bibliográfica narrativa e não exaustiva acerca do uso de coletores secos visando minimizar a emissão de material particulado. Evidenciando as vantagens e desvantagens a partir do emprego deste instrumento que visa admitir mais sustentabilidade nos processos industriais, postulando apenas uma tipologia de processo entre si, assim para trabalhos futuros cabe comparações entre tecnologias diferentes. Foi realizado um estudo exploratório da literatura científica sobre a temática, utilizando as bases de dados SCOPUS e Portal Periódicos Capes. Os descritores utilizados foram “coletores secos”, “filtro de mangas”, “material particulado”, “processos industriais” com a inclusão dos operadores AND e OR. A busca na literatura foi realizada através da leitura e análise dos títulos e resumos e os artigos que não tinham conexão com a temática proposta foram removidos da seleção.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os instrumentos de remoção à seco podem ser classificados conforme o princípio físico utilizado, os principais são as câmaras gravitacionais, os separadores inerciais, ciclones, filtros e precipitadores eletrostáticos. Pontua-se que cada tipo de equipamento é capaz de remover algumas faixas de tamanho de partícula com eficiência adequada. Os *baghouses* conhecidos popularmente como filtros de manga separam as cinzas volantes do gás de combustão em compartimentos separados que contêm mangas em forma de tubo, contendo filtros de tecido, esses são eficazes no controle de partículas totais e finas.

Os filtros de mangas podem filtrar cinzas volantes com eficiências de coleta de 99,9% em alguns tipos específicos de aplicações industriais (Cirqueira *et al.*, 2017). Essas aplicações podem incluir a remoção de poeira de materiais de construção, processamento de grãos, recuperação de névoa de óleo em ambientes de trabalho, recuperação de produtos químicos secos, processamento de alimentos secos, transporte pneumático e recuperação de pó de metal (Petean *et al.*, 2015; Schiffner, 2002).

O principal parâmetro no projeto de instalação dos filtros mangas é a queda de pressão, visto que quando mais altas indicam que se necessita de mais energia para puxar gás pelo sistema, desse

IV mostra de trabalhos de engenharia química



modo a presente relação também ratifica o tamanho da unidade e, portanto, o custo de capital (Saleem *et al.*, 2012). Além disso, limpezas das mangas nos filtros mais frequentes podem ser necessárias, aumentando o tempo de inatividade. Filtros de tecido são classificados pelo seu método de limpeza ou a direção do fluxo de gás e, portanto, a localização do depósito de poeira (Cirqueira *et al.*, 2017; Saleem *et al.*, 2012; Qian *et al.*, 2015). Para elucidar os resultados alcançados por esta revisão de literatura a Tabela 1, sintetiza as desvantagens e vantagens observados no decorrer da elaboração deste trabalho. Permitindo evidenciar que as vantagens se sobressaem qualitativamente, perante as desvantagens retratadas pela pesquisa de caráter de revisão.

Tabela 1. Desvantagens e Vantagens da utilização de filtros mangas.

Desvantagens	Vantagens
<ul style="list-style-type: none">➤ Temperaturas muito além de 300 °C possuem alto custo;➤ Alguns materiais particulados requererem tratamento especial das mangas para reduzir a infiltração de pó;➤ Concentrações de um pouco de pó no coletor podem representar risco de fogo ou explosão;➤ Custos de manutenção relativamente altos;➤ Tempo de vida da manga pode ser encurtado em altas temperaturas e na presença de ácidos e bases ou alguns constituintes de gases em particular;➤ Não existe a possibilidade em trabalhar com gases úmidos. Além de materiais higroscópicos e a condensação de mistura, poder causar torta incrustante ou tampão na manga;➤ As mangas podem ser destruídas a altas temperaturas ou em presença de produtos químicos corrosivos.➤ O tempo de limpeza do filtro pede um sistema em paralelo para manter regime permanente de operação.	<ul style="list-style-type: none">➤ Alta remoção de material particulado em diferenciadas granulometrias;➤ Método que permite operar com grande diversidade de materiais particulados;➤ Possibilidade de recirculação da saída de ar do filtro pela planta para conservação de energia;➤ Material particulado é seco, para subseqüente processamento ou disposição;➤ Não há problemas de disposição de resíduos líquidos, fator existente nos lavadores úmidos;➤ Em geral, corrosão e ferrugem não são problemas,➤ Não há o risco de alta voltagem, simplificando a operação e manutenção, além de permitir coleta de pó inflamável;➤ Filtros coletores possuem diversas configurações possíveis, resultando em dimensões diversas, atendendo às necessidades de processo de instalações individuais;➤ Operação relativamente simples.

(Fonte: Lee *et al.*, 2015; Simon *et al.*, 2014; Schiffner, 2002; Andersen, *et al.* 2016; Cirqueira, 2019; Li *et al.*, 2016; Saleem *et al.*, 2007).

4 CONCLUSÃO

Os filtros de tecido são os sistemas de filtragem mais utilizados, pois não atuam apenas no controle de poluição do ar, mas também como parte integrante do processo industrial. Na etapa inicial do processo de filtragem, a coleta se inicia com a colisão das partículas contra as fibras do meio

IV mostra de trabalhos de engenharia química



filtrante e sua posterior aderência. À medida que o processo continua, a camada de partículas coletadas vai aumentando tornando-se, então, o meio de coleta. Em determinado momento, torna-se necessária a remoção das partículas coletadas, a fim de impedir a redução da eficiência do processo.

Os mecanismos envolvidos na coleta de partículas em filtros de tecido são principalmente a impactação inercial, a difusão, a atração eletrostática e a força gravitacional e secundariamente, a interceptação. Através das abordagens deste trabalho, pode-se dizer que as vantagens são maiores que as desvantagens quanto ao emprego ou não deste sistema de controle de poluição atmosférica. Potenciais estudos podem abordar uma análise sobre os diferentes tipos de desenho quanto a projeção estrutural de filtros, bem como a diferença entre as diferentes eficiências alcançadas.

REFERÊNCIAS

- Anderson, B. O.; Nielsen, N. F.; Walther, J. H. Numerical and experimental study of pulse-jet cleaning in fabric filters. **Powder Technology**, p. 284-298, v. 981, 2016.
- Brasil. 2018. Resolução nº491, de **19 de novembro de 2018**. Diário Oficial da União: n. 223, Seção 1, p. 155.
- Cirqueira, S. S. R.; Tanabe, E. H.; Aguiar, M. L. Evaluation of operating conditions during the pulse jet cleaning filtration using different surface treated fibrous filters. **Process Safety and Environmental Protection**, p. 69-78, v. 105, 2017.
- Lee, K. S.; Sohn, J. R.; Park, Y. O. Filtration performance characteristics of ceramic candle filter based on inlet structure of high-temperature and high-pressure dust collectors. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, p. 101-110, v. 21, 2015.
- Li, W.; Shen, S.; Li, H. Study and optimization of the filtration performance of multi-fiber filter. **Advanced Powder Technology**, p. 638-645, v. 27, 2016.
- Petean, P. G. C.; Aguiar, M. L. Determining the adhesion force between particles and rough surfaces. **Powder Technology**, p. 67-76, v. 274, 2015.
- Saleem, M.; Krammer, G. Effect of filtration velocity and dust concentration on cake formation and filter operation in a pilot scale jet pulsed bag filter. **Journal of Hazardous Materials**. p. 677-681, v. 144, 2007.
- Saleem, M.; Krammer, G.; Khan, R. U.; Tahir, M. S. Influence of operating parameters on cake formation in pilot scale pulse-jet bag filter. **Powder Technology**, p. 28-35, v. 224, 2012.
- Schiffner, K. C. **Air pollution control equipment selection guide**, 1. ed. Florida: CRC Press, 2002.
- Simon, X.; Bémer, D.; Chazelet, S.; Thomas, D. Downstream particle puffs emitted during pulse-jet cleaning of a baghouse wood dust collector: Influence of operating conditions and filter surface treatment. **Powder Technology**, p. 61-70, v. 261, 2014.
- Qian, Y.; Bi, Y.; Zhang, M.; Chen, H.; Xu, G. Effect of filtration operation and surface treatment on pulse-jet cleaning performance of filter bags. **Powder Technology**, p. 82-88, v. 277, 2015.

IV mostra de trabalhos de engenharia química



UTILIZAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA FILTRAÇÃO DA ÁGUA DO RIO IJUÍ

Viviane Fernanda Piveta^{1,*}, Nataly Leidens¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química.

*vivianefpiveta@aluno.santoangelo.uri.br

Área do trabalho: Tratamento de água, resíduos e efluentes.

RESUMO

As indústrias sucroalcooleiras são as responsáveis pela geração da maior parte do resíduo da cana-de-açúcar, o bagaço, este que devido à baixa exploração, acumula-se em grandes quantidades. Devido à grande geração deste resíduo, buscaram-se alternativas para o reaproveitamento do mesmo, sendo que uma destas é para a produção de carvão ativado, que é muito utilizado em tratamentos de águas e efluentes. Deste modo, o presente trabalho tem por objetivo produzir carvão ativado a partir do bagaço da cana e utilizá-lo para a filtração da água do Rio Ijuí. Dos parâmetros físico-químicos analisados, notou-se uma diminuição no teor de sólidos, cor, turbidez e pH ao passar a amostra de água pela coluna de filtração. A diminuição do pH pode ter ocorrido em função da presença de alguma quantidade de ácido residual que tenha restado do processo de ativação. Ainda obteve-se um aumento da DBO e do oxigênio dissolvido. Deste modo, nota-se a eficiência do filtro com carvão ativado, principalmente para a remoção de sólidos totais, dissolvidos e suspensos, que foram de 28%, 44% e 52%, respectivamente.

Palavras-chave: *Bagaço de cana-de-açúcar, carvão ativado, filtração, tratamento de água.*

1 INTRODUÇÃO

A agricultura no Brasil abrange uma ampla variedade de produtos agrícolas produzidos. Dentre essa diversidade, destaca-se o setor sucroalcooleiro, pela plantação de cana-de-açúcar para a produção de etanol e açúcar, pois devido as suas características de adaptação, a cana pode ser plantada em diversos estados brasileiros (Soares, 2014). Com o grande cultivo da cana, conseqüentemente tem-se a geração em grandes quantidades de bagaço, subproduto resultante da cana-de-açúcar após a extração do caldo (Zoratto, 2014). Este bagaço geralmente é reaproveitado pelas indústrias para a geração de energia ou ainda é utilizado como adubo para o solo. Apesar disso, parte desse resíduo ainda é excedente, fazendo com que se busquem alternativas para o seu reaproveitamento, sendo que uma das opções a produção de carvão ativado, com um baixo custo de produção (Zoratto, 2014).

Devido às boas características adsorventes do carvão ativado, este pode ser utilizado em diversos processos, como para o tratamento de águas e efluentes (Pereira *et al.*, 2008). O carvão ativado na forma de pó é o mais utilizado para tratamento em meios aquosos para a remoção de impurezas, pois é aplicado como uma etapa complementar na remoção de substâncias dissolvidas na água (Werlang *et al.*, 2013).

IV mostra de trabalhos de engenharia química

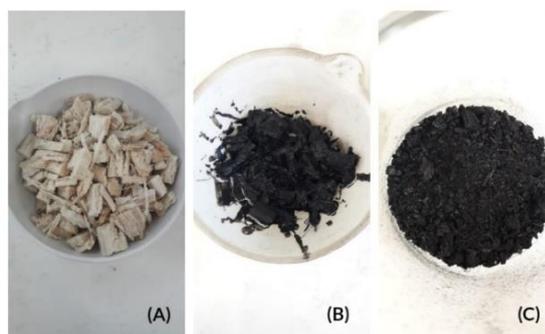


Deste modo, o presente trabalho tem o objetivo de produzir carvão ativado a partir do bagaço da cana-de-açúcar e utilizá-lo na filtração da água do Rio Ijuí, do município de Santo Ângelo, analisando os parâmetros físico-químicos e microbiológicos e avaliando a eficiência do mesmo.

2 MATERIAL E MÉTODO

A produção do carvão ativado foi realizada a partir do bagaço da cana-de-açúcar, obtido em uma propriedade no interior do município de Doutor Maurício Cardoso – RS. Inicialmente, lavou-se o bagaço da cana para a remoção de impurezas e secou-se em estufa a 105 °C. Para a produção do carvão ativado, utilizou-se a metodologia descrita por Cuba *et al.* (2018), onde adicionou-se uma solução de ácido fosfórico 85% na proporção de 1:2 (p/v) e misturou-se manualmente. O bagaço foi então carbonizado à temperatura de 300 °C por 30 minutos. Após, lavou-se o carvão obtido com uma solução de bicarbonato de sódio 1% removendo o ácido residual e secou-se em estufa à temperatura de 105 °C, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1. Bagaço de cana antes da ativação (A), após a carbonização (B) e pulverização (C).



(Fonte: o Autor).

Na filtração da água com o carvão ativado utilizou-se uma garrafa pet, onde removeu-se o fundo da mesma, e fez-se furos na parte da tampa para a passagem da água durante o processo de filtração. O filtro de leito fixo foi fixado em um suporte de madeira e preenchido com camadas de areia de três granulometrias diferentes e com aproximadamente 5 cm de carvão ativado (Figura 2). Após, colocou-se água destilada dentro do leito, até uma altura acima do carvão ativado e realizou-se a filtração com água destilada até o filtrado não apresentar resíduos sólidos da areia e do carvão ativado, com o intuito de não arrastar partículas sólidas para a posterior amostra analisada.

Em seguida, realizou-se a filtração da água do Rio Ijuí, analisando os parâmetros de cor, turbidez, pH, sólidos totais, sólidos suspensos e dissolvidos, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais e *Escherichia coli*. Estes parâmetros seguiram a metodologia de American Public Health Association (1989), realizados em triplicata. Por fim, fez-se um comparativo dos resultados para a água bruta e a filtrada, averiguando a eficiência do filtro.

Figura 2. Filtro de areia e carvão ativado.

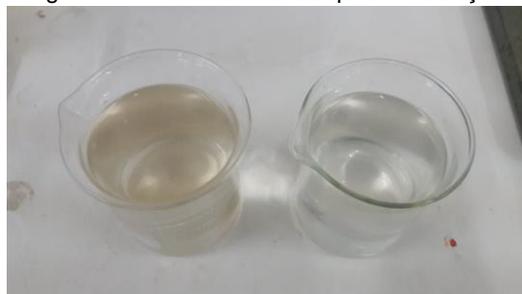


(Fonte: o Autor).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a filtração da água do Rio Ijuí (Figura 3), realizou-se análises físico-químicas e microbiologias antes e depois da amostra passar pelo processo de filtração. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 1.

Figura 3. Amostra antes e depois da filtração.



(Fonte: o Autor).

Tabela 1. Resultados dos parâmetros físico-químicos analisados para água bruta e após a filtração com carvão ativado.

Parâmetros	Água bruta	Após filtração
Cor (μC)	40	10
Turbidez (NTU)	$27,05 \pm 2,4$	$16,35 \pm 0,54$
pH	7,75	5,78
Sólidos Totais (mg/L)	$110,62 \pm 20,3$	80 ± 0
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	$45 \pm 1,4$	$25 \pm 15,5$
Sólidos Suspensos (mg/L)	$12,5 \pm 0,7$	$6 \pm 1,4$
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,84	8,86
DBO (mg/L)	0,001	0,0055
Coliformes Totais	Presente	Presente
<i>Escherichia coli</i>	Presente	Presente

(Fonte: o Autor).

IV mostra de trabalhos de engenharia química



Com os resultados obtidos para a água bruta e filtrada com o carvão ativado, nota-se uma diminuição de 75% na cor da água após passar pela coluna de filtração, enquanto que para a turbidez houve uma diminuição de 40%. Já para o pH, ocorreu uma diminuição do mesmo ao passar pelo filtro, pois como o carvão foi ativado com ácido fosfórico, pode ter restado alguma quantidade de ácido após a lavagem que foi arrastada junto com a amostra de água na filtração.

Para as análises de sólidos totais, suspensos e dissolvidos, notou-se uma diminuição em todos, sendo de 28%, 44% e 52%, respectivamente. Observou-se que para o oxigênio dissolvido e a DBO, ocorreu um aumento destes parâmetros ao passar pelo filtro, porém ficando dentro da resolução do CONAMA 357/2005, indicando que estes valores não devem ser inferiores a 5 mg/L. A análise bacteriológica indicou a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* antes e depois da filtração, pois como não foi proposto nenhum tratamento, confirmou-se a presença destas bactérias.

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, notou-se que ocorreu uma diminuição considerável nos teores de sólidos, cor e turbidez da amostra ao passar pelo processo de filtração, porém uma diminuição do pH, influenciado pelo ácido utilizado no processo de ativação do carvão. Verificou-se também um aumento da DBO e do oxigênio dissolvido, entretanto, ambos enquadrados dentro da resolução. Deste modo, tem-se que o filtro com carvão ativado apresentou uma eficiência na remoção do teor de sólidos, removendo quantidades significativas.

NOMENCLATURA

pH	Potencial hidrogeniônico	[-]
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio	[mg/L]

REFERÊNCIAS

- PEREIRA, E. et al. Preparação de carvão ativado em baixas temperaturas de carbonização a partir de rejeitos de café: utilização de FeCl₃ como agente ativante. **Química Nova**, São Paulo, n. 6, v. 31, 2008.
- SOARES, L. A. **Síntese, ativação e caracterização de carvão obtido a partir do bagaço de cana-de-açúcar e avaliação da capacidade de adsorção**. Dissertação de Mestrado de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte/UFRN. Natal, RN, 2014.
- WERLANG, E. B. et al. Produção de carvão ativado a partir de resíduos vegetais. **Revista Jovens Pesquisadores**, Santa Cruz do Sul, n. 1, v. 3, p. 156-167, 2013.
- ZORATTO, A. C. **Redução da concentração de herbicidas em águas por filtração em múltiplas etapas seguida de coluna de carvão ativado de babaçu e obtenção de adsorventes a partir de bagaço de cana e casca de moringa oleífera**. Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo/ UNICAMP. Campinas, SP, 2014.