



III Mostra de Trabalhos de *Engenharia Química*



ISAAC DOS SANTOS NUNES

(Organizador)

Anais da
III Mostra de Trabalhos de Engenharia Química
III MTEQ

Santo Ângelo – RS
FuRI
2019



Catálogo na Fonte:

M916a Mostra de Trabalhos de Engenharia Química (2019 : Santo Ângelo, RS)

Anais da III Mostra de Trabalhos de Engenharia Química - III MTEQ / Organização: Isaac dos Santos Nunes. – Santo Ângelo : FuRI , 2019.

223 p.

ISBN 978-85-7223-520-4

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 III MOSTRA DE TRABALHOS DE ENGENHARIA QUÍMICA – III MTEQ



ORGANIZAÇÃO

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

FORMATAÇÃO

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

COMITÊ CIENTÍFICO

Amir John Scheid, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil;

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;

Eric da Cruz Severo, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil;

Estela Bresolin Pereira, Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil;

Fabício Ferrarini, Mestre, Instituto Federal Farroupilha, RS, Brasil;

Filipe Molinar Machado, Doutor, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, RS, Brasil;

Franco da Silveira, Mestre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil;

Gabriel Porto Quadros, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil;

Giovana Ferronato, Doutora, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil;

Giovani Palma Bastos, Doutor, 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;



Jean Lucca Souza Fagundes, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil;

Júlia Cristina Diel, Eng. Química, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil;

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

Letícia Nascimento Côrtes, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil;

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

Patrícia Daniela Bohn, Eng. Química, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil;

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

Susanne Pedroso Druzian, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.



SUMÁRIO

AJUSTE DA CURVA DE CALIBRAÇÃO POR MEIO DA AFERIÇÃO DA TEMPERATURA COM ARDUINO NANO	11
AJUSTE DE CURVA DE CALIBRAÇÃO ATRAVÉS DE SENSOR DE LUMINOSIDADE LDR	14
AJUSTE DE CURVA DE CALIBRAÇÃO ATRAVÉS DE SENSOR DE VAZÃO.....	18
ANÁLISE DA PRESENÇA DE ETANOL UTILIZANDO SENSOR MQ-135 ACOPLADO EM ARDUÍNO	22
ANÁLISE DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO PENEIRAMENTO DE ERVA-MATE (<i>ILEX PARAGUARIENSIS</i>).....	26
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE UMA AMOSTRA DE AÇÚCAR MASCADO POR PENEIRAMENTO	31
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE UMA AMOSTRA DE SOLO DE SANTO CRISTO POR PENEIRAMENTO	35
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO PENEIRAMENTO DE RAÇÃO ANIMAL, COMPOSIÇÃO DE MILHO E TRIGO MOÍDO	39
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO EMPREGANDO CARVÃO ATIVADO COMO ADSORVENTE	44
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO NA PERDA DE CARGA EM TUBOS DE AÇO INOX.....	49
AVALIAÇÃO DA PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA EM TUBOS DE PVC E AÇO INOX	54
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE FILMES BIODEGRADÁVEIS UTILIZANDO AMIDO EXTRAÍDO DO MILHO.....	58



AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ADSORTIVO DO BAGAÇO DE GUABIROBA MODIFICADO NA REMOÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO.....	63
AVALIAÇÃO FLUIDODINÂMICA DE GÁS-AREIA EM LEITO FLUIDIZADO DE BANCADA	68
CALIBRAÇÃO DO SENSOR DS18B20 EM RELAÇÃO A TEMPERATURA.....	73
CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO DE PENEIRA GIRATÓRIA PARA SEPARAÇÃO DE IMPUREZAS DE GRÃOS.....	76
CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE MISTURADOR HELICOIDAL PARA MISTURA DE TERRA E RESÍDUOS ORGÂNICOS.....	80
CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE MOÍNHOS DE ROLOS PARA MALTE E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO PRODUTO OBTIDO.....	84
DESENVOLVIMENTO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ EM GRÂNULOS PARA APLICAÇÃO NA AGRICULTURA	89
DESTILAÇÃO DE BEBIDA ALCOÓLICA AGUARDENTE.....	94
DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA EM TUBO DE AÇO INOX COM 12 mm e PVC COM 16,5 mm DE DIÂMETRO EM DIFERENTES VAZÕES	98
DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA EM TUBOS DE PVC E FERRO GALVANIZADO COM DETERMINADOS DIÂMETROS E VAZÕES	102
DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA EM TUBOS PVC 21 mm E AÇO INOXIDÁVEL 12 mm.....	106
DETERMINAÇÃO DO TEOR DE AMIDO EM ARROZ BRANCO E INTEGRAL POR UM PROCESSO QUÍMICO ALCALINO.....	110



DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DA PERDA DE CARGA EM TUBOS DE DIFERENTES MATERIAIS	115
EFICIÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO CARVÃO DE CAROÇO DE BUTIÁ (<i>Butia capitata</i>) PARA A PURIFICAÇÃO DA ÁGUA DO RIO SÃO JOÃO.....	119
ESTUDO DA ADSORÇÃO DO CORANTE VERMELHO PROCION UTILIZANDO BAGAÇO DE GUABIROBA TRATADA COMO ADSORVENTE	124
ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE OBTENÇÃO DE BIOFILMES DE AMIDO DE MILHO...129	
EXTRAÇÃO DAS BETALAÍNAS DOS TALOS DA BETERRABA VERMELHA (<i>Beta vulgaris</i>)	133
EXTRAÇÃO DE POLISSACARÍDEOS DO PAINÇO (<i>Panicum miliaceum</i>) E APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE BIOFILME	138
EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO PARA DETERMINAR O TEOR DE ÓLEO EM ALIMENTO INDUSTRIALIZADO	142
INFLUÊNCIA DA VAZÃO NA PERDA DE CARGA EM TUBULAÇÕES DE DIFERENTES MATERIAIS	146
OBTENÇÃO E TRATAMENTO QUÍMICO DE FIBRAS DE CELULOSE A PARTIR DO PSEUDOCAULE DA BANANEIRA.....	150
PENEIRAMENTO E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE ARROZ BRANCO	155
PLANTA DE BIODIESEL PROVENIENTE DE TRANSESTERIFICAÇÃO POR ROTA BÁSICA	160
PREPARO DE AROMATIZANTE ARTIFICIAL: ACETATO DE ISOAMILA	165
PROCESSO DE EXTRAÇÃO DO AMIDO DE MILHO SECO E VERDE.....	169
PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TIJOLO COM ADIÇÃO DE LODO.....	174



PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	178
PROJETO DE UMA INDÚSTRIA CERVEJEIRA	182
PROJETO INDUSTRIAL DE UMA CACHAÇARIA	187
PROJETO INDUSTRIAL: FÁBRICA DE PAPEL	192
PROTÓTIPO DE UM SILO SECADOR PARA GRÃOS DE MILHO	197
REGRESSÃO DE DADOS PARA MODELOS DE ISOTERMA ACOPLADOS À TERMODINÂMICA DE ADSORÇÃO.....	201
SENSOR ULTRASSÔNICO DE NÍVEL HC-SR04.....	206
SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE PARTICULADO DE ÓXIDO DE NÍQUEL E ESTUDOS DA SUA INTERAÇÃO COM GLIFOSATO.....	210
UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE INDÚSTRIA MOVELEIRA COMO MATÉRIA-PRIMA E PRODUÇÃO DE COMPÓSITO PLÁSTICO-MADEIRA	215
UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE JABUTICABA E BUTIÁ PARA EXTRAÇÃO DE ANTOCIANINAS E FLAVONOIDES.....	219



AJUSTE DA CURVA DE CALIBRAÇÃO POR MEIO DA AFERIÇÃO DA TEMPERATURA COM ARDUINO NANO

Paula Weber^{1,*}, Bianca Marques¹, Kamilla Osório², Lucieli Mosqueira³, Enrique Chaves Peres⁴

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

*paula.weeber@hotmail.com

Área do Trabalho: Modelagem, Simulação, Controle e Instrumentação de Processos.

RESUMO

Arduino é uma placa de controle de entrada de dados (IN), como sensores, e saída de dados (OUT), como motores e leds. Neste projeto foi utilizada uma protoboard, sensores para comunicação com o Arduino através de “endereços” pré-estabelecidos que são o mesmo para todos os modelos de BMP280, e resistores para propiciar a passagem de correntes. Através dos testes objetiva-se comparar as temperaturas aferidas por termômetro e as lidas pelo sensor utilizado no projeto, ajustando assim a curva de calibração para medição de temperatura e pressão. Observou-se erros no procedimento de aferição os quais poderiam ser eliminados se o sensor utilizado estivesse encamisado e colocado nas mesmas condições atribuídas ao termômetro. Logo, os resultados não coincidiram com o esperado.

Palavras-chave: *modelagem, Arduino, sensores de temperatura e pressão.*

1 INTRODUÇÃO

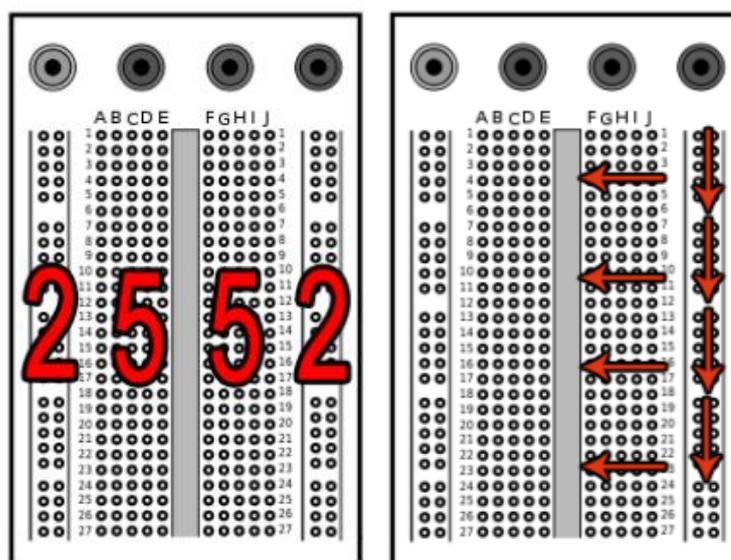
De acordo com Carvalho e Amorim (2014), a placa Arduino é um microcontrolador que administra etapas envolvidas na medida e armazenagem dos dados e o *sketch*, é a plataforma do *software* para a programação do Arduino.

Arduino é uma placa de controle de entrada de dados (IN), como sensores, e saída de dados (OUT), como motores e leds, com cristal oscilador de 16 Mhz, um regulador de tensão de 5 V, botão de reset, plugue de alimentação, pinos conectores, e alguns LEDs para facilitar a verificação do funcionamento. A porta USB já fornece alimentação enquanto estiver conectada ao computador, e a tensão de alimentação quando desconectada pode variar de 7 V a 12 V, graças ao regulador presente na placa.

A *protoboard* (ou *breadboard*) é uma base de construção de protótipos eletrônicos. Ela é muito utilizada, pois não requer solda, ou seja, é reutilizável. Isto torna mais fácil de usar para criação de protótipos temporários. A utilização de uma *protoboard* em montagem com projetos de Arduino torna possível a construção de circuitos mais complexos. A ligação de circuitos é feita através de *jumpers* (basicamente pequenos fios), que são utilizados para ligar temporariamente componentes eletrônicos na *protoboard*. A faixa central tem o tamanho específico para componentes eletrônicos pequenos. Normalmente, uma *protoboard* possui quatro matrizes, mas este número pode variar.

A *protoboard* é composta de dois tipos de matrizes principais: uma com duas colunas, chamada de matriz 2 e outra com cinco colunas, chamada de matriz 5. Elas se diferem no modo de transmissão de energia e dados. A matriz 2 geralmente é usada para ligação inicial de energia, e a 5 é usada na utilização de componentes no circuito. A matriz de 2 tem sua transmissão de coluna em coluna, enquanto a matriz 5 tem a transmissão de linha em linha (ALVES, 2014).

Figura 1. *Protoboard* divisão e transmissão nas matrizes



(Fonte: Grupo de Robótica UFMS, 2012)

Os sensores se comunicam com o Arduino através de “endereços” pré-estabelecidos que são o mesmo para todos os modelos de BMP280.

Sensor de pressão e temperatura BMP280: é do tipo sensor piezo-resistivo que converte forças atuantes sobre ele em diferença de potencial elétrico. No raio de funcionamento entre 940 e 1100 hPa, à temperatura ambiente, apresenta uma exatidão de aproximadamente $\pm 0,12$ hPa (equivalente a cerca de ± 1 m) e temperatura $\pm 1^\circ\text{C}$ (CID E CORREA, 2019).

Os resistores servem para opor-se a passagem de correntes, ficando assim certa tensão retida no mesmo. Um resistor ideal é um componente com uma resistência elétrica que permanece constante independentemente da tensão ou corrente elétrica que circula pelo dispositivo (ALVES, 2014).

O objetivo do trabalho foi realizar o ajuste do sensor e realizar uma comparação do sensor com termômetro.

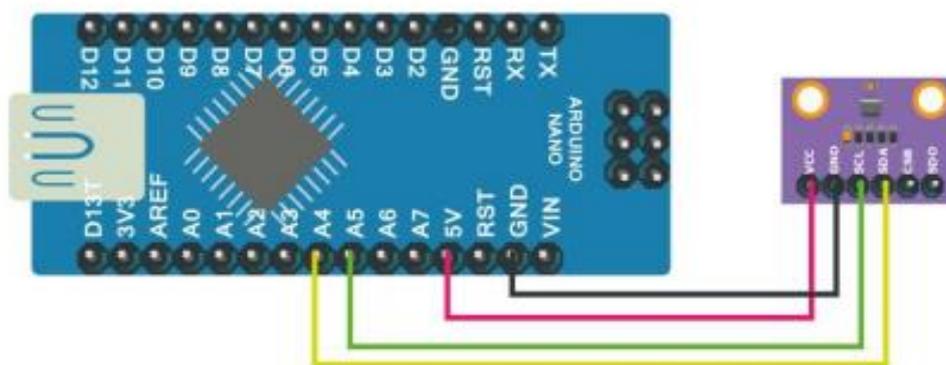
2 MATERIAL E MÉTODO

Para a construção da curva de calibração foram utilizados um computador conectado a um Arduino Nano através de uma conexão SB e um sensor de pressão e temperatura modelo BMP208.

Logo após foi feita a conexão da entrada SDO do sensor ao pino 5V do Arduino, as conexões VCC e GND são conectadas, às entradas 5V e GND do Arduino, enquanto as outras conexões foram conectadas em pinos apropriados, que variam para modelo de placa, a Figura 2 representa as

conexões feitas nesse caso. Para a placa Arduino NANO os pinos apropriados são os pinos A4 (SDA/SDI) e A5 (SCL/SCK). Como alguns pinos do Arduino receberam múltiplas conexões, foi feito uso da *protoboard*.

Figura 1. Conexões do Arduino Nano no sensor BMP280.



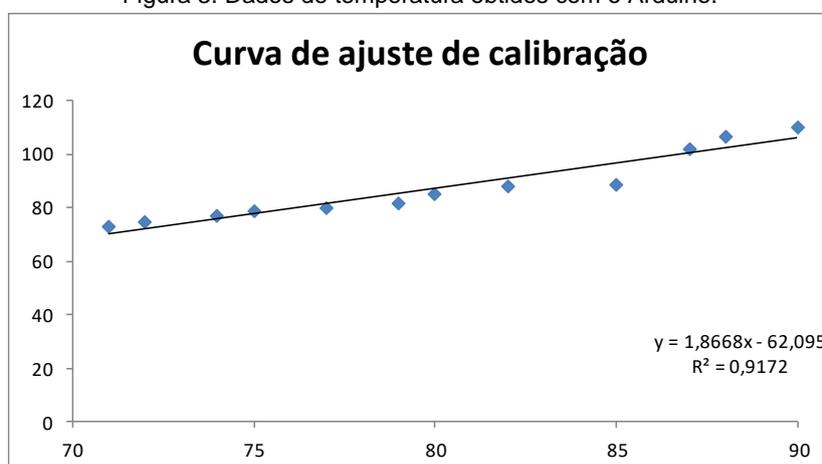
(Fonte: Idehack, 2018).

Depois de feitas as devidas conexões o sensor foi programado através do Arduino. Em seguida colocou-se um béquer de 250 mL com água em uma chapa de aquecimento. Posteriormente, foi colocado o termômetro mergulhado em água e o sensor o mais próximo possível da água, sem danificar o mesmo, para assim iniciar a aferição das temperaturas no termômetro e no sensor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois do sensor estar devidamente programado e os dados de temperatura obtidos, foi construída a curva com os resultados. A Figura 3 apresenta a curva obtida com os dados de temperatura e a equação da reta referente a esses dados. Comparando os valores medidos por termômetro mergulhado em um béquer com água e valores de temperatura que o sensor do Arduino se obteve como resposta:

Figura 3. Dados de temperatura obtidos com o Arduino.



(Fonte: o Autor).



Durante os experimentos foi possível observar que as temperaturas aferidas no termômetro utilizado e as temperaturas lidas através do sensor de temperatura interligado ao Arduino tiveram variações. Levando em conta que o termômetro estava mergulhado na água quente e o sensor estava apenas acima do béquer, pode-se entender a causa raiz destas variações. A melhor forma de ler os resultados reais lidos pelo sensor seria encamisá-lo e colocá-lo nas mesmas condições do termômetro, ou seja, mergulhado na água.

4 CONCLUSÃO

A aferição da temperatura é de suma importância em diversos setores industriais, pois pode influenciar em todo o processamento e na qualidade de um produto final.

Comparando os resultados apresentados no gráfico (Figura 3), e levando em conta que durante a prática ocorreram alguns erros na aferição, os quais poderiam ser eliminados se o sensor utilizado estivesse encamisado e colocado nas mesmas condições atribuídas ao termômetro, obteve-se uma curva de calibração com resultados próximos, estando assim a curva de calibração ajustada.

NOMENCLATURA

-	Graus Celsius	°C
-	Hectopascal	[hPa]

REFERÊNCIAS

ALVES, Ígor Felipe Rodrigues. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM ARDUINO E ANDROID: Casa Inteligente. 2015.

CARVALHO, LRM de; AMORIM, HS de. Observando as marés atmosféricas: Uma aplicação da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 3501, 2014.

CID, A. S.; CORREA, T. Venturino: analysis of pressure variation in a Venturi's tube using Arduino and pressure sensor. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 3, 2019.

DE ROBÓTICA, Grupo. Introdução ao arduino. **Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Computação**, 2012.

TUTORIAL Arduino - BMP280. Disponível em: <http://idehack.com/blog/tutoriel-arduino-bmp280/>. Acesso em: 15 nov. 2018.



AJUSTE DE CURVA DE CALIBRAÇÃO ATRAVÉS DE SENSOR DE LUMINOSIDADE LDR

Dinalva Schein^{1*}, Carolina S. Fronza¹, Gabriela A. K. Bremm¹, Gabriele D. Ávila¹, Enrique C. Peres¹

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

*dinalvaschein@hotmail.com

Área do Trabalho: Modelagem, Simulação, Controle e Instrumentação de Processos.

RESUMO

A medição da intensidade da luz através de luxímetros que recebem a carga de luminosidade ocorre através de sensores LDR. Para a interpretação das variáveis, o Arduino é comumente utilizado como microcontrolador para programar o controle de variáveis de entradas e saídas em relação ao mesmo e aos componentes conectados, a exemplo do sensor LDR, permitindo a interação com o ambiente por meio do hardware e do software. Desta forma, o objetivo deste trabalho baseia-se em realizar a calibração do sensor LDR, o qual foi realizado com o auxílio de um luxímetro, obtendo-se assim, precisão nos valores de baixa luminosidade, de 0 a 900 lux, e tendência exponencial na curva de calibração do sensor.

Palavras-chave: *Arduino, sensor LDR, luxímetro, calibração.*

1 INTRODUÇÃO

A medida da intensidade da luz é um importante fator ligado a produtividade em salas de aula, e locais de trabalho, pois contribui para o conforto psicológico e a saúde dos indivíduos que usufruem destes ambientes. Também está relacionado a economia de energia, uma vez que o correto aproveitamento da luz natural gera redução nos gastos com a iluminação (Albuquerque e Amorim, 2012). Essa medida pode ser realizada por meio de instrumentos de medição da luz, como luxímetros, ou com o auxílio de sensores específicos, como é o caso do Resistor Dependente de Luz (LDR, do inglês *Light Dependent Resistor*) (Mendes Júnior e Stevan Junior, 2013; Vaz, 2018).

Os luxímetros são constituídos de um miliamperímetro e uma célula fotoelétrica. Quando a luz atinge esta célula, gera-se uma corrente no semicondutor, que é amplificada no miliamperímetro e então reproduz o resultado da intensidade da luz, de acordo com uma escala graduada proporcional à iluminância (Vaz, 2018). Já, o sensor LDR, se trata de um dispositivo semicondutor, que possui dois terminais e mede a intensidade de luz por meio de sua resistência, ou seja, quando a luz incide sobre o mesmo, elétrons livres são dispostos, diminuindo, conseqüentemente, a resistência do resistor, estabelecendo-se uma relação inversamente proporcional (Mendes Júnior e Stevan Junior, 2013).

No entanto, para realizar-se a interpretação destas variáveis, faz-se uso do microcontrolador Arduino, que pode ser descrito como um pequeno computador, utilizado para programar entradas e saídas entre ele e os componentes a ele conectados, o qual permite a interação com o ambiente por meio do hardware e do software. O Arduino também pode ser desenvolvido de forma independente

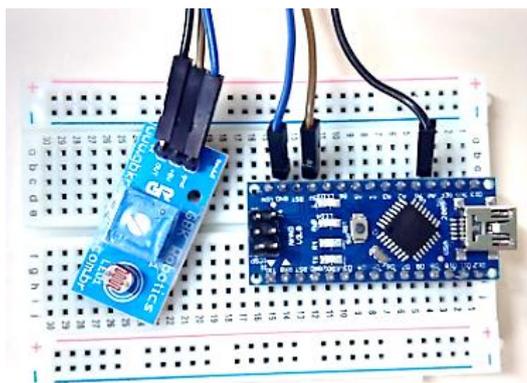
ou conectado a um computador, bem como a internet, permitindo armazenar e enviar dados e comandos. Assim, é possível conectá-lo a LEDs, displays, botões, motores, sensores de temperatura e luminosidade, ou qualquer dispositivo que seja capaz de ser controlado ou transmitir dados (McRoberts, 2011).

Assim sendo, este trabalho tem por objetivo realizar a calibração de um sensor LDR, por meio de medições da intensidade de luz, realizadas com o auxílio de um luxímetro e, desta forma, obter-se a curva de calibração do sensor.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para a elaboração da prática, primeiramente, montou-se um circuito com o Arduino, sensor LDR, protoboard e jumpers, conforme apresentado na Figura 1, onde o jumper azul foi conectado ao pino Ground do Arduino, o jumper marrom ao pino de 5V e o jumper preto ao pino Out. Após, iniciou-se as medições de luminosidade em diversos ambientes, tanto com o sensor quanto com o luxímetro, para, posteriormente, se efetuar a calibração do mesmo.

Figura 1. Arduino conectado ao sensor LDR.



(Fonte: os Autores).

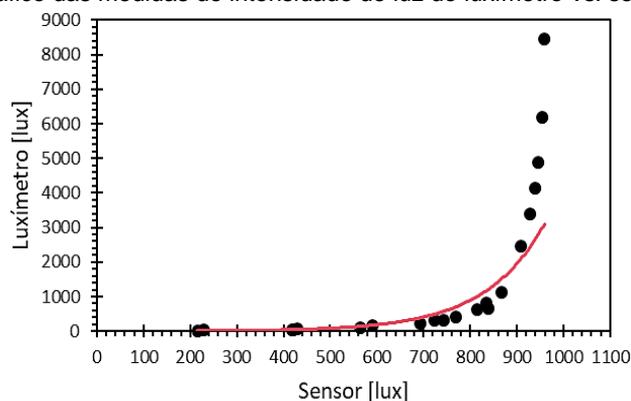
Com os dados obtidos, plotou-se a curva de calibração por meio do software Excel e, na sequência, inseriu-se a equação obtida com a curva, no sistema Arduino para efetuar-se o ajuste das medições do sensor LDR.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização das medições com o luxímetro e o sensor LDR, plotou-se um gráfico correlacionando os dados de intensidade de luz (lx) obtidos com ambos os medidores, sendo este apresentado na Figura 2, a seguir.



Figura 2. Gráfico das medidas de intensidade de luz do luxímetro vs. sensor LDR.



(Fonte: os Autores).

Por meio do gráfico, observa-se que o sensor LDR utilizado, apresenta resultados coerentes com os luxímetro quando se mensura intensidades de luz mais baixas, ou seja, até aproximadamente 900 lux. Os sensores LDR, segundo Mendes Júnior e Stevan Junior (2013), necessitam que a luz incidente sobre eles seja linear, não sendo capaz de captar com a mesma eficiência a luz que os circunda, estes também são comumente usados para variações bruscas de luminosidade, pois a faixa de resistência apresentada ou é muito alta ou é muito baixa.

Assim, com os dados do gráfico obteve-se a Equação 1, que corresponde a curva de calibração do sensor. Para esta curva também se obteve um coeficiente de determinação (R^2) equivalente a 0,9272.

$$y = 1,6993e^{0,0078x}$$

Equação 1

Por fim, inseriu-se a Equação 1 no código do microcontrolador, realizando-se assim, a calibração do sensor de luz. Esses códigos são apresentados na Figura 3, a seguir.

Figura 3. Códigos inseridos no Arduino para calibração do sensor LDR.

```

Teeste_3_sensor_de_luz
int lightPin = 0;
int ledPin=11;
int luxcerto;

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Inicia a comicao com Monitor Serial
  pinMode( ledPin, OUTPUT );
}

void loop()
{
  Serial.println(" Lux sensor" );
  Serial.println(analogRead(lightPin));
  analogWrite(ledPin, analogRead(lightPin)/4);
  luxcerto = 1.6993*exp((0.0078*(analogRead(lightPin))));
  Serial.println("Lux corrigido");
  Serial.println(luxcerto);

  delay(1000); //Tempo curto para acionamento do LED
}

```

(Fonte: os Autores).



Na Figura 3 é mostrado o código inserido no microcontrolador Arduino, o qual recebia a leitura dos dados de resistência do sensor LDR, interpretando-os e convertendo-os em valores de intensidade de luminosa.

4 CONCLUSÃO

O sistema composto pelo Arduino e pelo sensor LDR, apresentou-se de fácil montagem e manuseio. Com o sensor já calibrado, por meio das leituras realizadas com um luxímetro, obteve-se boa precisão para valores baixos de luminosidade, compreendendo uma faixa de 0 até 900 lux. Já, a curva de calibração do sensor, apresentou tendência exponencial, correspondendo a $y = 1,6993e^{0,0078x}$, com coeficiente de determinação equivalente a 0,9272.

NOMENCLATURA

y	Variável dependente	[-]
x	Variável independente	[-]
R^2	Coefficiente de determinação	[-]
lx	Intensidade luminosa	[lux]

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. S. C.; AMORIM, C. N. D. Iluminação natural: indicações de profundidade-limite de ambientes para iluminação natural no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais - RTQ-R. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, 2012.

McROBERTS, M. **Arduino básico**. Trad. Rafael Zanolli. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

MENDES JÚNIOR, J. J. A.; STEVAN JUNIOR, S. L. LDR e sensores de luz ambiente: funcionamento e aplicações. **Semana de Eletrônica e Automação – SEA**, Ponta Grossa, 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/2JexZmq>>. Acesso em: 1 maio 2019.

VAZ, V. G. **Medição de iluminância por dispositivos móveis: uma análise comparativa de diferentes plataformas e aplicativos**. 2018. 80 f. Dissertação (Mestrado em Metrologia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2ZXNsgW>>. Acesso em: 1 maio 2019.



AJUSTE DE CURVA DE CALIBRAÇÃO ATRAVÉS DE SENSOR DE VAZÃO

Jessica Kumm^{1*}, Taynan J. Bender¹, Wagner Frizon¹, 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

*jessicakumm@outlook.com

Área do Trabalho: Modelagem, Simulação, Controle e Instrumentação de Processos.

RESUMO

Aplicados largamente nas mais diversas áreas e no cotidiano, os medidores de vazão são equipamentos utilizados para obter a medida de um fluxo ou vazão de uma matéria através de uma dada seção de escoamento por unidade de tempo. Como a fabricação de produtos exige uma demanda de processos industriais, procedimentos de extrema importância para desenvolver mercadorias de qualidade, esses processos, em grande maioria, precisam ser controlados para que tenham uma maior eficiência. Com o avanço da tecnologia possibilitou-se a realização desse controle através de plataformas eletrônicas, sendo o Arduino a mais utilizada para essa função, devido sua adaptabilidade ao ambiente que o cerca por meio de recepções de sinais de sensores, além de interagir com os seus arredores. À vista disso, esse trabalho teve como objetivo ajustar uma curva de calibração através de sensor de vazão, obtendo resultados satisfatórios, com um coeficiente linear equivalente a 0,9833.

Palavras-chave: *controle de processos, medidores de vazão, Arduino, indústrias.*

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da industrialização, esse cenário fica cada vez mais competitivo, com clientes exigindo novos produtos de alta qualidade, em intervalos de tempo cada vez menores. Esses obstáculos podem ser superados com a inclusão da tecnologia na cadeia produtiva, possibilitando às indústrias uma melhor produtividade e competitividade. Deste modo, diversas indústrias nacionais dos setores automotivo, alimentos e bebidas que atuam no mercado mundial estão investindo nesse ramo para qualificarem-se (BACHA, 2013).

Na fabricação de produtos são necessários diversos processos industriais, esse são procedimentos para desenvolver mercadorias com as características de modo que satisfaçam os consumidores. Esses processos, em grande maioria, precisam ser controlados para que tenham uma maior eficiência.

Sendo uma das principais grandezas médias em processos industriais, a vazão tem larga aplicação, desde as mais simples como medição de vazão de água em estações de tratamento e residências, até medições mais complexas, com as de gases industriais e combustíveis. Os medidores de vazão são equipamentos utilizados para obter a medida de um fluxo ou vazão de uma matéria através de uma dada seção de escoamento por unidade de tempo (RAMOS, 2006).

Com o avanço tecnológico os medidores podem ser controlados através de *softwares*. Porém, para a utilização desses é necessário um estudo para a sua implementação, um exemplo disso é a prototipagem eletrônica *open-source*, que se baseia no uso de *hardware* e *software* flexíveis e fáceis de manusear (CASSIOLATO; ALVES, 2008).



Um modelo de plataforma *open-source* é o Arduino, o qual pode adaptar-se ambiente que o cerca por meio de recepções de sinais de sensores e pode interagir com os seus arredores, controlando luzes, motores e outros atuadores. A programação do Arduino pode ser para projetos autônomos ou podem comunicar-se com um computador para a realização da tarefa desejada, e utiliza uma linguagem simples, devido ser destinado a artistas, designers, hobbistas e qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos. O Arduino é formado por dois componentes: A placa, que é o hardware, a qual é utilizada para a construção dos projetos e a IDE Arduino, que é o software onde transcreve-se o que se deseja que a placa faça. A principal finalidade do Arduino em sistema é facilitar a prototipagem, implementação ou emulação do controle de sistemas interativos, no âmbito doméstico, comercial ou móvel (PORTES, 2014). À vista disso, o trabalho teve como objetivo calibrar um sensor de vazão utilizando o Arduino, e ajustar a curva de calibração obtida, de modo a obter um alto coeficiente de regressão.

2 MATERIAL E MÉTODO

De princípio esquematizou-se como a montagem do hardware ocorreria, para isso utilizou-se um Arduino nano, e ligou-se os fios em seus devidos lugares no equipamento, o fio vermelho foi ligado à entrada 5V, o amarelo na porta digital 2, e o fio preto na entrada GND, juntamente com ao medidor de vazão. Em seguida, com base em um programa já desenvolvido, conforme a Figura 1, ativou-se o processo.

Figura 1. Programa utilizado.

```
int Pulso; //Variável para a quantidade de pulsos
int j=0; //Variável para contagem
float vazaoagua; //Variável para armazenar o valor em L/min
float valormedia=0; //Variável para tirar a média a cada 1 minuto
float valorreal;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(2, INPUT);
  attachInterrupt(0, incrpulso, RISING); //Configura a porta digital 2, para interrupção
}

void loop ()
{
  Pulso = 0; //Começa do 0 variável para contar os giros das pás internas,ek segundos
  sei(); //liga interrupção
  delay (2000); //Espera 2 segundos
  cli(); //Desliga interrupção

  vazaoagua = Pulso / 5.5; //Converte para Litros/minuto
  valormedia=vazaoagua; //Soma a vazão para o calculo da valormedia
  j++;

  Serial.print(vazaoagua); //Imprime na serial o valor da vazão
  Serial.print(" L/minuto - "); //Imprime L/min
  if (j==5)
  {
    valormedia = valormedia/5; //Tira a valormedia dividindo por 60
    Serial.print("\n Media por minuto = "); //Imprime a frase valormedia por minuto =
    Serial.print(valormedia); //Imprime o valor da valormedia
    Serial.println(" Litros/minutos - "); //Imprime L/min
    valorreal = 0.3437*valormedia;
    Serial.print("\n Valor real ");
    Serial.print(valorreal);
    valormedia = 0; //Torna variável valormedia = 0, para uma nova contagem
    j=0; //Torna a variável 0,para uma nova contagem
    valorreal = 0;
  }

}

void incrpulso ()
{
  Pulso++;
}
```

(Fonte: LIMA, 2016)

Para se ter um ajuste de um medidor de vazão foi necessário comparar a vazão teórica de uma tubulação com a média calculada pelo programa do Arduino, e estabelecer uma curva ao qual converta a média do programa na vazão teórica aparente.

Por fim iniciou-se a calibração do sistema através de curvas da vazão teoria x vazão experimental. A vazão teórica foi obtida através do tempo que 500 mL do fluido água levaram para atravessar o sistema. Já a vazão experimental foi a alcançada pelo *software* no mesmo momento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 representa os valores respectivos da vazão teóricas, calculados pelo volume com o tempo, e a vazão experimental calculada pelo programa do Arduino.

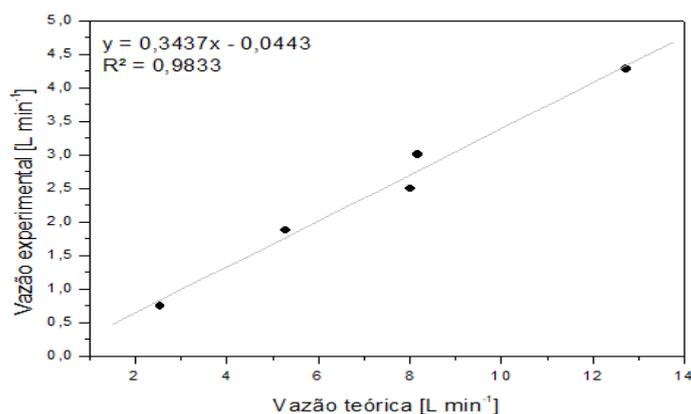
Tabela 1. Dados obtidos das vazões.

Vazão Teórico (L min ⁻¹)	Vazão Experimental (L min ⁻¹)
0,75	2,55
1,88	5,29
2,5	8
3	8,18
4,29	12,73

(Fonte: o Autor)

Em seguida, foi construída a Figura 2 para a determinação da curva de calibração que descreve a conversão de um dado experimental em valor teórico.

Figura 2. Curva de calibração da vazão.



(Fonte: o Autor)

Com a curva representada na Figura 2, foi idealizada uma regressão linear e determinada a equação que representa a conversão das vazões, descrita na Equação 1 com um coeficiente de linearidade igual a 0,9833.

$$y = 0,3437x - 0,0443$$

Equação 1



Essa equação foi introduzida no programa para que as próximas leituras com hardware viessem com os valores verdadeiros de vazão. Com isso, foram realizadas mais leituras e confirmou-se a efetividade da equação.

Apesar da determinação da vazão teórica ter sido realizada de forma simples, utilizando um cronômetro, e que em algumas situações houve presença de ar dentro da tubulação, podendo ocasionar interferências na leitura do *software*, os resultados foram satisfatórios, com um bom coeficiente de regressão (R^2).

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nesse trabalho foram favoráveis, foi possível construir uma curva de calibração com valores experimentais próximo dos teóricos, mesmos com as implicações ocorrido no meio das comparações de vazões, com valor de R^2 igual a 0,9833, próximo do valor ideal, que é 1.

NOMENCLATURA

R^2	Valor do quadrado do coeficiente de regressão	[-]
X	Vazão teórica	[L min ⁻¹]
Y	Vazão experimental	[L min ⁻¹]

REFERÊNCIAS

BACHA, Edmar. O futuro da indústria no Brasil. **Indústria moderna**, Rio de Janeiro, p. 1-10, 12 jun. 2013.

BEYER, D. Construção de um medidor de vazão para uma bancada didática do tipo turbina pelton. **Monografia-Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina**, Horizontina, 2014.

CASSIOLATO, César; ALVES, Evaristo O. **Medição de Vazão**. São Paulo, 16 abr. 2008. Disponível em: <<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index40.html>>. Acesso em: 29 abr. 2019.

LIMA, Izabelle, Aprenda a utilizar o Sensor Vazão de Água com Arduino. Site: AutoCore Blog. 2016. Disponível em: <<http://autocorerobotica.blog.br/aprenda-utilizar-o-sensor-vazao-de-agua-com-arduino/>> Acesso em 26 nov. 2018.

PORTES, Wagner Alexandre de Oliveira. **Utilização de arduino e eletrônica na automação residencial com acessibilidade a pessoa portadora de deficiência**. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Mecânica) - Fundação Educacional do Município de Assis, ASSIS, 2014.

RAMOS, Rodrigo. **Desenvolvimento de medidor de vazão de gás por ultra-som: modelagem, protótipo e testes**. 2006. Dissertação (Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.



ANÁLISE DA PRESENÇA DE ETANOL UTILIZANDO SENSOR MQ-135 ACOPLADO EM ARDUÍNO

Yasmin Veridiana Furtado da Silva^{1*}, Larissa de Oliveira Liberalesso¹, Nadine Löeblein¹, 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

*yasminvsilva@aluno.santoangelo.uri.br

RESUMO

O sensor basicamente é um dispositivo que tem a função de detectar e responder algum estímulo. Existem vários tipos de sensores que respondem à estímulos diferentes como por exemplo: calor, pressão, concentração e luz. Depois que o sensor recebe o estímulo, a sua função é emitir um sinal que seja capaz de ser interpretado pelos outros dispositivos. O presente estudo teve por objetivo a verificação da composição de etanol (álcool etílico hidratado 54%), representando se há presença ou não de etanol, sendo feito por duas detecções analógicas e elétricas. Para tal, foi utilizado uma placa de arduino Uno, jumpers, protoboard e empregado assim sensor de concentração MQ-135. Durante a prática percebeu-se a variação da concentração do álcool etílico hidratado, quando comparado com o tempo de contato. Verificou-se que o sensor de sistema analógico, sem contato com o etanol não obteve detecção e em contato ocorreu uma variação de 501 a 789. Já com o sistema digital, o qual é mais simples, foi detectado se há presença ou a não de etanol. O sensor utilizado na prática se mostrou capaz de detectar a faixa de etanol na amostra, a partir do sistema analógico e se há presença ou não por meio de sinal digital.

Apesar de ser feito isso, necessita-se a presença de equipamentos confiáveis, ou seja, sensores que estejam calibrados durante as análises das amostras.

Palavras-chave: *etanol, sensor, concentração.*

1 INTRODUÇÃO

Um sensor pode ser definido como um sistema que recebe um estímulo físico e o converte em um sinal, geralmente elétrico, que será analisado por outro sistema. O estímulo pode ser dos mais variados tipos como calor, luz, pressão, movimento, concentração de etanol ou som, por exemplo. Existem inúmeros tipos de sensores com as mais variadas aplicações possíveis, sendo que com o avanço de sistemas de controle eletrônicos exigem um número cada vez mais elevado de sensores e novas abordagens quanto ao desenvolvimento dos mesmos (FRADEN, 1996).

O sensor apresenta as seguintes características: boa sensibilidade para distinguir a concentração de etanol; baixo custo de produção; dimensões reduzidas, e bom tempo de resposta. Para o processo de fabricação deve ser tal que permita fácil industrialização, é desejável, ainda, que o sensor possa ser facilmente instalado em automóveis, bombas de combustíveis, fermentadores e em sistemas portáteis de medição (MEDONÇA, 2008).

O Sensor de Gás MQ-135 / Detector de Gás é um dispositivo de segurança utilizado principalmente no desenvolvimento de projetos eletrônicos, possuindo alta sensibilidade para detecção de amônia, óxido nítrico, álcool, benzeno, dióxido de carbono e fumaça em determinado

ambiente, já que a maioria desses gases são extremamente tóxicos para o ser humano. Quando detectar a presença ou mesmo a concentração dos gases mencionados, ele enviará os sinais para o Arduino que pode ser programado, poderá realizar diferentes tarefas, como por exemplo, liberar trancas de portas, emitir sinais sonoros, luminosos, entre outros.

Neste trabalho foi proposto utilizar um sensor MQ135 de medição de composição de etanol, utilizando a condição em contato com a solução, representando se há presença ou não de etanol, sendo feito por duas detecções analógicas e elétricas.

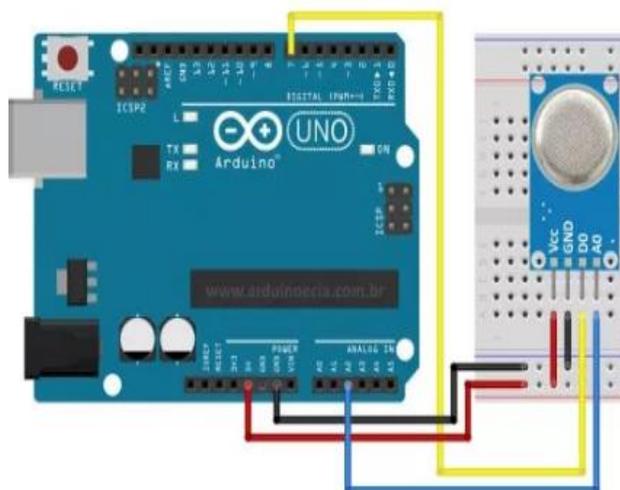
2 MATERIAL E MÉTODO

Com o objetivo de verificar a composição de etanol por meio de sensor, utilizou-se uma placa de arduino Uno, jumpers, protoboard e o tipo de sensor empregado foi o MQ-135. O arduino foi acoplado aos demais e conectado ao computador, sendo a leitura realizada por meio de uma linguagem de programação. Para a detecção utilizou-se álcool etílico hidratado 54%.

2.1 Montagem do sensor

Realizaram-se duas ligações distintas, em um primeiro momento com sinal analógico, o qual fornece um resultado quantitativo e após sinal digital, obtendo-se um resultado qualitativo. O módulo MQ 135 possui 4 pinos, conforme observa-se na Figura 1, sendo dois de alimentação (Vcc e GND) e dois para a emissão dos sinais elétricos (AO e D0).

Figura 1. Modelo analógico e digital



(Fonte: Sensor de gás mq-135 e a família de sensores MQ, 2018)

Para realizar a montagem, seguiu-se a Tabela 1, conectando os pinos nesta ordem. Após a montagem do sensor, utilizou-se um béquer de 100ml, onde o mesmo foi preenchido pela metade para a posterior medição da concentração do álcool etílico hidratado 54%.



Tabela 1. Montagem do sistema.

Sensor	Arduíno
Vcc	5v
GND	GND
A0	A2
D0	7

(Fonte: os Autores).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da prática pode-se identificar que durante a avaliação do sinal analógico ocorre a variação da concentração do álcool etílico hidratado, quando comparado com o tempo de contato. Não estabelecendo uma concentração estável, conforme pode ser visualizado na tabela 2. Isso se deve ao fato de o sensor utilizado detectar apenas se há ou não presença de etanol. Quando em contato com a concentração de etanol ocorre uma variação da detecção entre os valores de 501 à 789.

Tabela 2. Detecção para o sistema analógico.

Condição	Detecção
Sem contato	0
Em contato	501-789

(Fonte: os Autores).

Em um segundo momento, avaliando o sistema digital, o qual é mais simples, pois apenas pode-se detectar se há presença ou não de etanol. Conforme descrito na Tabela 3, observa-se que o sensor obteve os resultados esperados, quando em contato e sem contato com o álcool etílico hidratado.

Tabela 3. Detecção para o sistema digital.

Condição	Detecção
Sem contato	Sem presença
Em contato	Com presença

(Fonte: os Autores).

4 CONCLUSÃO

A utilização de um sensor para determinar a concentração de etanol em processos industriais pode-se afirmar que é muito benéfica, pois diminui a mão de obra, diminui custos, tempo de processo, fornecendo maior uniformidade da medição e elimina a possibilidade de terem-se erros de leitura.

O sensor utilizado na prática se mostrou capaz de detectar a faixa de etanol na amostra, a partir do sistema analógico e se há presença ou não por meio de sinal digital.

Apesar de ser feito isso, necessita-se a presença de equipamentos confiáveis, ou seja, sensores que estejam calibrados durante as análises das amostras. Uma sugestão para trabalhos futuros seria realizar a calibração, para uma medição mais precisa da concentração de etanol na amostra.



REFERÊNCIAS

ARDUINO. **O que é? Pra que serve? Quais as possibilidades?** Disponível em: <<https://medium.com/nossa-coletividade/arduino-o-que-%C3%A9-pra-que-serve-quais-as-possibilidades-efbd59d33491>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

FRADEN, J. **Handbook of modern sensors: physics, designs, and applications**. Second Edition. San Diego, Califórnia, 1996.

MENDONÇA, L. G. D. **Micro-sensor capacitivo para avaliação da qualidade de combustíveis automotivos**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2008.

SENSOR de gás mq-135 e a família de sensores MQ. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-gas-mq-135/>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

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.



ANÁLISE DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO PENEIRAMENTO DE ERVA-MATE (*ILEX PARAGUARIENSIS*)

Gabriela Benchimol Garcia^{1,*}, Danieli Emmel Becker¹, Suelly Ribeiro Hollas¹, Viviane Fernanda Piveta¹, Isaac dos Santos Nunes¹

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

*gabrielabgarcia@aluno.santoangelo.uri.br

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

A dimensão das partículas é um dos parâmetros fundamentais na compreensão de diversas operações unitárias, e que serve como referência para várias etapas de fabricação de determinados produtos. Este parâmetro pode ser determinado pela técnica de peneiramento, na qual se introduz certa quantidade de amostra em uma série de peneiras padronizadas, que são agitadas com intensidade e tempo preestabelecidos. O presente estudo teve como objetivo avaliar as condições de operação de um agitador eletromagnético utilizado na análise granulométrica da erva-mate, e além disso, determinar o melhor modelo matemático para descrever a distribuição das partículas da amostra. A partir dos resultados experimentais, verificou-se que o melhor tempo de operação foi de 7,5 min e com uma agitação de 10 rpm, e que o modelo RRB se mostrou mais apropriado para a descrição da distribuição granulométrica da erva-mate, onde o coeficiente de determinação foi igual a 0,97489.

Palavras-chave: *análise granulométrica, tempo, intensidade, erva-mate.*

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento das propriedades físicas e morfológicas relacionadas às partículas é de suma importância para a compreensão de fenômenos que regem determinadas operações unitárias (CREMASCO, 2014). O tamanho é um desses parâmetros, o qual pode ser determinado pela técnica de peneiramento, relacionando-se a fração mássica das partículas retidas em uma série de peneiras padronizadas, dispostas em ordem decrescente em relação aos diâmetros de abertura (CREMASCO, 2014; MATOS, 2015).

A partir dos resultados dos ensaios, realizados sob condições de intensidade e tempo de agitação preestabelecidos, pode-se determinar o melhor modelo matemático que descreva a distribuição granulométrica da amostra, como os modelos de Gates, Gaudin e Schumann (GGS) e Rosin, Rammler e Bennet (RRB), caracterizados pelas Equações 1 e 2, respectivamente.

$$X_i = \left(\frac{D_i}{k}\right)^m \quad \text{Equação 1}$$

$$X_i = 1 - \exp\left[-\left(\frac{D_i}{D'}\right)^n\right] \quad \text{Equação 2}$$

Segundo Matos (2015), além de determinar o tamanho de partículas, pode-se utilizar o peneiramento para a classificação e separação dos componentes de uma mistura heterogênea de

sólidos, o que permite seu uso para diversos tipos de amostra. A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) usada no preparo de chimarrão ou tererê, é um exemplo, pois possui uma distribuição de tamanhos muito ampla, contendo partículas finas até muito grossas, como os palitos (SFREDO; FINZER, 2017).

Este trabalho teve como objetivo avaliar as condições de operação de um agitador eletromagnético, utilizado na análise granulométrica da erva-mate, mediante a variação do tempo e intensidade de agitação. Além disso, determinou-se o melhor modelo de distribuição granulométrica das partículas da amostra em questão.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para realizar a análise granulométrica da erva-mate, utilizou-se um agitador eletromagnético e peneiras, como mostra a Figura 1. Os testes foram executados em quatorze peneiras com classificação de 4 a 200 *Mesh*, nos quais variou-se a intensidade e o tempo de agitação.

Inicialmente, pesou-se em uma balança analítica 150 g de erva-mate, bem como cada uma das peneiras e o fundo, registrando-se a massa vazia. Após, ligou-se o agitador e efetuou-se o ensaio para cada velocidade (4, 7 e 10 rpm) e tempo estabelecido (5; 7,5 e 10 min). Posteriormente, pesou-se novamente as peneiras e o fundo, registrando-se as massas com a amostra, sendo que a diferença entre as massas final e inicial correspondeu às quantidades de erva-mate retidas em cada peneira. Após a análise, executou-se a limpeza das peneiras para a utilização das mesmas nos ensaios seguintes.

A partir dos valores coletados, calculou-se a frequência relativa (em base mássica) e o diâmetro médio das partículas, a partir das Equações 3 e 4, respectivamente. Após, construiu-se as curvas de granulometria para os modelos GGS e RRB, e avaliou-se os coeficientes de determinação (R^2), a fim de determinar o melhor tempo, intensidade, e o modelo matemático para a distribuição granulométrica da amostra analisada.

Figura 1. Agitador eletromagnético de peneiras.



(Fonte: os Autores).

$$X_i = m_i/m \quad m = \sum_{i=1}^n m_i \quad i = 1,2,3,4, \dots \quad \text{Equação 3}$$

$$\overline{D}_p = (D_1 + D_2)/2 \quad \text{Equação 4}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização da parte experimental, calcularam-se as massas de erva-mate retidas em cada peneira, em todos os tempos e intensidades de agitação. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 1.

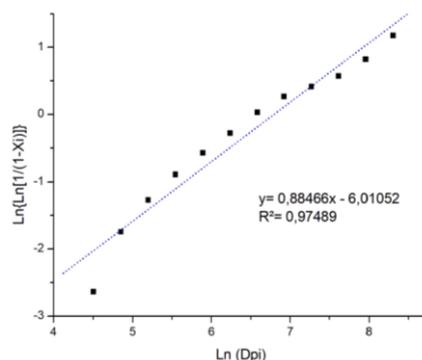
Tabela 1. Resultados experimentais da massa de erva-mate retida em cada peneira, com a variação do tempo e intensidade de agitação, bem como o R^2 para GGS e RRB.

Int. (rpm)	4			7			10		
t (min)	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10
<i>Mesh</i>	Massa retida (g)								
4	4,48	3,47	6,91	2,84	1,98	2,41	2,05	1,45	0,57
6	3,86	4,36	4,67	3,97	4,485	4,26	4,59	4,37	4,7
8	9,45	9,91	8,09	9,5	10,43	10,02	9,79	9,41	9,67
10	8,02	9,01	8,53	9,13	9,77	9,45	9,74	10,09	8,98
14	7,39	7,32	7,49	7,03	7,76	7,35	7,43	7,39	6,53
20	7,35	7,23	6,86	7,01	7,53	7,07	7,39	7,63	7,18
28	12,15	11,68	10,68	13,44	12,85	12,93	14,55	12,59	11,7
35	17,21	15,99	17,26	16,54	16,47	15,51	15,74	16,95	17,25
48	22,42	26,6	20,39	15,76	16,22	15,93	15,76	14,84	15,42
65	17,45	12,67	16,96	13,07	14,44	13,58	13,2	14,17	13,78
100	20,5	18,18	20,55	13,98	15,66	18,82	12,09	13,72	13,81
150	10,09	13,36	10,36	13,22	12,62	12,72	12,27	12,52	13,34
200	6,16	6,83	9,17	15,74	12,88	14,03	15,7	13,56	15,71
Fundo	2,16	2,3	1,98	7,59	7,57	5,91	10,49	10,32	10,88
Modelos de distribuição granulométrica									
R^2 - GGS	0,7786	0,7729	0,7484	0,812	0,7729	0,7925	0,8501	0,8524	0,8364
R^2 - RRB	0,8776	0,8764	0,8503	0,9224	0,932	0,9064	0,9479	0,97489	0,943

(Fonte: os Autores).

Em seguida, aplicaram-se os valores de massa retida em cada peneira nos dois modelos matemáticos de distribuição granulométrica, GGS e RRB, para determinar qual teria o melhor ajuste para esse ensaio. Conforme apresentado na Tabela 1, pode-se observar que o modelo onde ocorreu o melhor ajuste ao peneiramento da erva-mate, ao ser linearizado, foi o RRB, pois apresentou valores de R^2 mais próximos a 1. Também se verificou que dentre os resultados do RRB, a melhor condição operacional foi com agitação de 10 rpm e 7,5 minutos, exibido na Figura 2.

Figura 2. Curva granulométrica do modelo RRB com intensidade de 10 rpm e tempo de 7,5 minutos.



(Fonte: os Autores).

Na curva da Figura 2, é possível perceber que existe um ponto mais afastado da linha de tendência da regressão linear, e que possivelmente gerou uma menor linearidade dos resultados encontrados para os dois modelos. Isto se deve à baixa retenção de partículas de erva-mate na peneira de 200 Mesh, justificando o valor de R^2 igual a 0,97489.

Contudo, o modelo RRB, expresso pela Equação 5, foi o que melhor descreveu a distribuição granulométrica das partículas de *Ilex Paraguariensis*.

$$X_i = 1 - \exp \left[- \left(\frac{D_i}{892,32} \right)^{0,8847} \right] \quad \text{Equação 5}$$

4 CONCLUSÃO

Por meio dos cálculos efetuados na análise granulométrica da erva-mate, foi possível constatar que o tempo ótimo de operação ocorreu com 7,5 min e rotação de 10 rpm. Acima dessas condições não houve um aumento na retenção das partículas da amostra nas peneiras. Também se verificou que até se atingir o tempo ótimo operacional, quanto maior era o tempo de agitação e rotação, melhor a dispersão das partículas pelas peneiras. Além disso, observou-se que o modelo matemático RRB se demonstrou mais apropriado para descrever a distribuição granulométrica deste material, pois a 7,5 min e a 10 rpm obteve-se o maior coeficiente de determinação, igual a 0,97489.

NOMENCLATURA

GGS	Gates-Gaudin-Schumann	[-]
RRB	Rosin-Rammler-Bennet	[-]
Int	Intensidade de Agitação	[rpm]
t	Tempo	[min]
Dpi	Diâmetro médio de partícula	[μm]
X_i	Fração passante	[μm]
m_i	Massa retida na peneira i	[kg]
m	Massa total empregada no ensaio	[kg]
D_i	Diâmetro de partícula	[μm]
R^2	Coeficiente de determinação	[-]



REFERÊNCIAS

CREMASCO, M. A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

MATOS, S. P. de. **Operações unitárias**: fundamentos, transformações e aplicações dos fenômenos físicos e químicos. São Paulo: Érica, 2015.

SFREDO, M. A.; FINZER, J. Avaliação das condições operacionais do peneiramento no estudo da determinação do tamanho de partículas de erva mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) moída grossa. In: ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, 2017, Maringá.

Anais eletrônicos... Campinas: GALOÁ, 2018. Disponível em: <<https://proceedings.science/enemp/papers>>. Acesso em: 14 abr. 2019.



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE UMA AMOSTRA DE AÇÚCAR MASCADO POR PENEIRAMENTO

Milena Santiago Chiquim^{1*}, Amanda Calegari Zanuso¹, Caroline Engelmann¹, Glauber Júnior dos Santos¹, Isaac dos Santos Nunes¹

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

*milena_chiquim@hotmail.com

Área do Trabalho: Fenômenos de transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

O peneiramento é o procedimento mais utilizado para separações de diferentes tamanhos de partículas sólidas. Dentre os diversos tipos de peneiras, destacam-se as vibratórias, isso porque o movimento produzido auxilia no processo de separação de partículas com diâmetros muito pequenos. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar a influência de diferentes tempos e intensidades de vibração do equipamento no processo de peneiramento. Para isso, foram utilizados 150 g de uma amostra de açúcar mascado regulando-se a intensidade (4, 7 e 10 rpm) e o tempo de peneiramento (5, 7, 5 e 10 min). A maior eficiência deu-se na intensidade 4 rpm em 10 min de processo. O modelo que apresentou o melhor ajuste aos dados foi o RRB com R^2 igual a 0,9684.

Palavras-chave: *peneiramento, açúcar mascado, RRB.*

1 INTRODUÇÃO

O peneiramento é uma operação unitária utilizada para separar os componentes de uma mistura homogênea entre sólidos ou determinar o tamanho de partículas, podendo ser realizado de forma mecânica ou manual. O princípio utilizado para essa separação é o tamanho das partículas. A peneira possui abertura com diâmetros definidos (malhas), e, assim, passarão apenas as partículas com diâmetro inferior ao da abertura da peneira, enquanto as demais partículas ficarão retidas (MATOS, 2015).

Segundo Cremasco (2014), na técnica de peneiramento faz-se passar uma quantidade de material através de uma série de peneiras, pesando-se o material retido em cada peneira. A base de representação da distribuição de tamanho de partícula é a massa de partícula, mais especificamente pela fração mássica, na qual a distribuição de tamanho de partículas é associada à fração mássica dentro de cada intervalo de tamanho.

As propriedades dos alimentos particulados dependem de sua granulometria. O conhecimento do tamanho das partículas é fundamental para determinar sua forma de manipulação, seu tratamento e suas propriedades funcionais. Em Operações Unitárias, a medida do tamanho das partículas é importante em processos como misturas, extrusão, secagem, transporte pneumático de materiais em pó e também para o controle da qualidade do produto final.

De acordo com Tadini *et al.* (2016, p. 219):

Em escala industrial, grande quantidade de partículas, que não são uniformes, principalmente quanto ao tamanho, é manuseada nos mais diversos processos.



Nesses processos é de grande importância o conhecimento do comportamento desse material particulado, sendo frequentemente necessário definir o sistema particulado como um todo. Assim, em lugar de um único tamanho de partícula, tem-se a necessidade de se conhecer a distribuição de tamanhos de partículas, pela qual é possível definir diâmetros “médios” que possam representar o comportamento de todos os tamanhos do material particulado em questão.

Várias são as distribuições de tamanhos de partículas que podem ser utilizadas para descrever o material particulado. Os modelos mais utilizados de dois parâmetros que descrevem a distribuição de tamanho de partículas em processos de alimentos são: Gats-Gaudin-Schuhmann e distribuição de Rosin-Rammler-Bennet. A obtenção dos parâmetros dos modelos de distribuição apresentados é quase sempre feita pelo ajuste da equação de uma reta linearizando as equações dos modelos. Esses modelos de distribuição podem ser utilizados para a caracterização de alimentos particulados como o açúcar (TADINI *et al.*, 2016).

O açúcar mascavo, material empregado para a análise granulométrica, é produzido a partir do caldo de cana extraído pelo esmagamento dos colmos maduros da cana-de-açúcar (CHAVES, 1998). O açúcar mascavo é composto de sacarose, frutose, glicose, potássio, cálcio, magnésio, fósforo, sódio, ferro, manganês, zinco, vitaminas A, B₁, B₁₂, B₅, C, D₆ e E, sendo muitas vezes recomendado na dieta de pessoas anêmicas (SILVA, 2003).

Deste modo, este trabalho teve por objetivo realizar a análise granulométrica por peneiramento de uma amostra de açúcar mascavo e determinar o modelo matemático mais adequado e a melhor condição operacional quanto ao tempo de agitação e a intensidade de vibração do equipamento.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para a realização dos testes, utilizou-se peneiras na classificação de *mesh* de 4, 6, 8, 10, 14, 20, 28, 35, 48, 65, 100, 150, 200 e fundo. Primeiramente, pesou-se as peneiras vazias, em seguida, adicionou-se uma amostra de 150 g de açúcar mascavo e levou-se ao agitador de peneiras, como o ilustrado na Figura 1.

Realizou-se um ensaio de peneiramento em três intensidades de vibração (4, 7 e 10 rpm) e para cada intensidade utilizou-se diferentes tempos (5, 7, 5 e 10 minutos), assim totalizando em nove ensaios de peneiramento. As frações retidas em cada peneira foram pesadas de forma precisa e servem de base para os cálculos da distribuição granulométrica. Após cada ensaio, conduziu-se a limpeza das peneiras, removendo as sujeiras residuais com um pincel especial para uso nos próximos ensaios.

Em seguida, fez-se a análise granulométrica, partindo da linearização das equações de GGS e RRB, e, por meio da regressão linear, obtiveram-se os valores dos parâmetros dos dois modelos (tamanho médio de partícula e o parâmetro que representa a dispersão), na sequência definiu-se o valor de R² por meio da equação da reta ajustada aos modelos GGS (Equação 1) e RRB (Equação 2).

$$X_i = \left(\frac{D_i}{k}\right)^m \quad \text{Equação 1}$$

$$X_i = 1 - \exp\left[-\left(\frac{D_{pi}}{D_r}\right)^n\right] \quad \text{Equação 2}$$



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

Após a realização dos nove ensaios de peneiramento com diferentes intensidades de vibrações e diferentes tempos, foi possível construir gráficos para obtenção do melhor modelo matemático para esse tipo de peneiramento. A Tabela 1 evidencia as massas finais após cada um dos peneiramentos bem como o valor de R^2 obtido com o modelo de RRB e GGS.

Considerando que a massa inicial de amostra colocada nas peneiras para agitação foi de 150 g, percebe-se que não houve perdas significativas de massa ao longo dos peneiramentos. No entanto, a pequena quantidade de massa perdida se deve a erros de aferição durante a pesagem na balança analítica ou, ainda, a má limpeza das peneiras.

Tabela 1. Dados obtidos experimentalmente.

Tempo/Intensidade	R^2 GGS	R^2 RRB	Massa final (g)
5/4	0,7526	0,8504	149,23
5/7	0,6491	0,7716	149,93
5/10	0,6425	0,8136	149,67
7,5/4	0,6941	0,8218	150,06
7,5/7	0,7877	0,9352	149,78
7,5/10	0,5085	0,6471	150,08
10/4	0,8755	0,9684	150,03
10/7	0,6391	0,7683	150,03
10/10	0,6858	0,7995	149,79

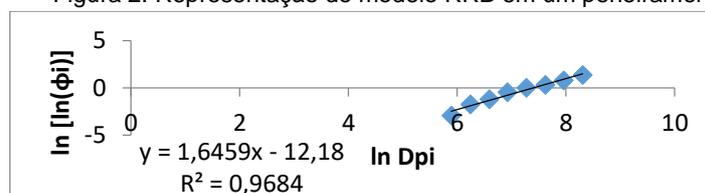
(Fonte: Os Autores).

O valor de R^2 é o que garante a linearidade do modelo que demonstra a melhor distribuição granulométrica, portanto, quanto mais próximo de 1 for esse valor, melhor ele se ajusta à amostra. Com base no valor de R^2 obtido nos ajustes, conclui-se que o modelo de RRB é o que melhor representa a distribuição do sistema particulado constituído por açúcar mascavo, por apresentar maiores valores de R^2 na condição operacional de 10 minutos e na intensidade 4 rpm de agitação.

O tempo do ensaio está ligado, entre outros, aos seguintes fatores: natureza e granulometria do sólido, precisão e finalidade do ensaio. Sólidos com granulometria grossa requerem tempo menor de peneiramento. Ao contrário, para aqueles com granulometrias finas, torna-se essencial a operação com tempos mais longos, para que todas as partículas tenham a chance de se exporem às aberturas de cada peneira (CEARÁ, 19XX).

A Figura 2, a seguir, evidencia o gráfico construído segundo o modelo RRB e que apresentou o melhor valor de R^2 , sendo de 0,9684.

Figura 2. Representação do modelo RRB em um peneiramento de açúcar mascavo.



(Fonte: Os Autores).



Com o auxílio da Figura 2 e da Equação que descreve o modelo RRB, foi possível chegar a equação de distribuição granulométrica desse peneiramento. Com essa equação, pode-se encontrar a relação entre a fração acumulada até um determinado diâmetro de peneira. A Equação 3 abaixo faz relação entre essas variáveis, massa da amostra passante e diâmetro de peneira.

$$X_i = 1 - \exp \left[- \left(\frac{D_{pi}}{1636,3} \right)^{1,64} \right] \quad \text{Equação 3}$$

4 CONCLUSÃO

Os resultados evidenciam que entre os dois modelos de distribuição (GGs e RRB), o que apresentou melhor ajuste aos dados foi o RRB, por apresentar melhores valores de R^2 . Com isso, observa-se que em uma intensidade de agitação 4 rpm e em um tempo de 10 min, obteve-se a maior linearidade na reta, resultando em um valor de R^2 de 0,9684, conforme o modelo RRB.

NOMENCLATURA

D_{pi}	Diâmetro médio de partícula	[μm]
X_i	Fração mássica	[-]
D_i	Diâmetro de partícula	[μm]
m	Coeficiente angular	[-]
n	Coeficiente angular	[-]
R^2	Coeficiente de determinação	[-]

REFERÊNCIAS

CHAVES, J. B. P. **Como produzir rapadura, melado e açúcar mascavo**. CPT – Centro de Produções Tecnológicas, Viçosa, 1998.

CREMASCO, M. A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidodinâmicos**. 2. Ed. São Paulo: Blucher, 2014.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Cominuição e Classificação**. Fortaleza, 19XX. (Apostila).

MATOS, S. P. **Operações unitárias: fundamentos, transformações e aplicações dos fenômenos físicos e químicos**. São Paulo: Érica, 2015.

SILVA, F. C. *et al.* **Pequenas indústrias rurais de cana-de-açúcar: melaço, rapadura e açúcar mascavo**: Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 2003.

TADINI, C.C. *et al.* **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE UMA AMOSTRA DE SOLO DE SANTO CRISTO POR PENEIRAMENTO

Bruna T. Klassen^{1,*}, Gabrieli C. Grás¹, Joceane Kaspar², Dara F. Nehring³, 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

*brunaklassen@yahoo.com.br

Área do Trabalho: Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

A análise granulométrica consiste basicamente em realizar a caracterização das partículas de acordo com seus tamanhos, sendo realizada por meio da técnica de peneiramento. Nesse experimento, uma amostra de solo foi peneirada por um conjunto de peneiras de diferentes aberturas de malha. Realizou-se testes em diferentes tempos e intensidades de agitação. Visando determinar em qual destes seria possível obter uma melhor linearidade entre os resultados, notou-se que com um tempo de agitação igual a 5 minutos e uma intensidade 7, o valor obtido para o fator de correlação (R^2) pelo modelo de Rosin, Rammler e Bennet (RRB), foi igual a 0,9991, ou seja, próximo a 1, tornando os resultados desse teste consideravelmente satisfatórios para uma boa distribuição granulométrica do solo.

Palavras-chave: *peneiramento, análise granulométrica, solo, modelos matemáticos.*

1 INTRODUÇÃO

O peneiramento é uma operação unitária empregada para separar os componentes de uma mistura heterogênea entre sólidos ou determinar o tamanho de partículas, podendo ser realizado de forma mecânica ou manual (MATOS, 2015). Consiste basicamente em fazer passar uma determinada quantidade de material ou amostra passar por um conjunto de peneiras, pelas quais a separação ocorre de acordo com o tamanho das partículas. Cada peneira possui abertura com diâmetros definidos (malhas), e assim passarão apenas os fragmentos com diâmetro inferior ao da abertura da peneira, enquanto os demais ficarão retidos. As peneiras são colocadas em ordem decrescente quanto aos diâmetros, tendo-se ao final da série um recipiente chamado de “fundo”, no qual ficam retidos os sólidos que passaram por todas as peneiras, ou seja, os mais finos (CREMASCO, 2014).

Para a análise granulométrica, as peneiras são padronizadas quanto à abertura das malhas e à espessura dos fios de que são fabricadas as malhas. Esses fios têm diâmetros definidos que variam entre um limite de diâmetro mínimo e máximo. Quanto à abertura das malhas, são dadas em milímetros, micrometros ou em Mesh, o qual se refere ao número de aberturas por polegada linear ao longo de um fio série Tyler (CREMASCO, 2014).

A distribuição granulométrica é expressa em função da frequência relativa das partículas (em massa) que detém certo diâmetro. Essa frequência pode ser chamada de Análise Granulométrica Diferencial (AGD) e determinada pela Equação 1.



$$x_i = \frac{m_i}{m} \text{ Equação 1}$$

sendo m_i a massa retida na peneira i e m a massa total usada no experimento que ficou retida nas peneiras, ambas dadas em gramas [g], o que torna essa razão adimensional.

Para cada frequência relativa é conferido um valor de diâmetro médio das partículas, expresso pela média dos diâmetros das peneiras onde a fração de amostra ficou retida e foi passante, podendo ser determinado por meio da Equação 2

$$D_p = \frac{D_1 + D_2}{2} \text{ Equação 2}$$

na qual D_p é o diâmetro médio, D_1 e D_2 correspondem a abertura da peneira pela qual a amostra foi passante e ficou retida, respectivamente.

Os dados de frequência relativa e diâmetro médio possibilitam a construção de gráficos que facilitam a compreensão dos dados de um experimento de peneiramento. Assim, a AGD refere-se à quantidade de amostra em um determinado diâmetro. Porém, além da AGD, faz-se também a Análise Granulométrica Acumulada de Fração Retida (AGAR) e de Fração Passante (AGAP). Nesse contexto, AGAR é determinada pela soma do que ficou retido em determinada peneira somado à massa retida nas peneiras anteriores e AGAP é definida subtraindo-se de 1 a massa retida em determinada peneira acrescida da massa retida nas peneiras anteriores.

O solo é a formação natural que se desenvolve na porção superficial da crosta terrestre. Ele é resultado essencialmente da interação dos processos físicos, químicos e biológicos sobre as rochas superficiais da crosta terrestre. Através do método de quantificação por análise granulométrica do solo pode-se contribuir com a restauração da sua estrutura (DERISIO, 2000).

Nesse contexto, tem-se como objetivo determinar uma equação por meio do modelo que melhor se adapte aos dados experimentais obtidos pela distribuição granulométricas de partículas com a amostra de solo coletada no jardim da casa de uma integrante do grupo localizada em Santo Cristo, realizando-se testes com peneiras de diferentes tamanhos e diversas intensidades e tempos.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para a realização do processo de peneiramento utilizou-se um Agitador Eletromagnético de Peneiras, sendo empregadas nos testes peneiras de classificação Mesh de 6 a 200. Realizaram-se testes com três diferentes intensidades de vibração do equipamento (4, 7 e 10) e para cada intensidade repetiu-se o processo em três diferentes tempos (5, 7,5 e 10 minutos), totalizando nove testes de peneiramento.

Primeiramente pesou-se em balança analítica cada uma das peneiras do conjunto a ser empregado bem como o fundo, todos vazios. Em seguida, pesou-se 100 g de uma amostra de terra de jardim e colocou-se a mesma sobre a primeira peneira do conjunto. Acoplou-se as peneiras ao agitador e realizou-se os testes com os tempos e intensidades de vibração preestabelecidos. Após cada ensaio fez-se a pesagem das peneiras com a quantidade de material que ficou retida em cada uma delas, fazendo-se em seguida também a limpeza das mesmas para que fosse possível o próximo peneiramento. Concluída a parte experimental, partiu-se para a realização dos cálculos e análise do melhor tempo e intensidade de agitação.

Independentemente do tipo de distribuição granulométrica, é possível retratá-la com o uso de modelos matemáticos da forma de $x = x(D)$. Entre os modelos propostos estão o de Gates, Gaudin e Schumann (GGS) e o de Rosin, Rammler e Bennet (RRB). Para GGS, o gráfico é dado representando-se $\ln D$ vs. $\ln X$, e para RRB o gráfico é dado por $\ln D$ vs. $\ln[\ln 1/(1-X)]$ (CREMASCO, 2014). Traçando-se os gráficos, é possível obter a equação da reta e o valor de R^2 , que indica qual o modelo melhor se adapta a determinado conjunto de dados experimentais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização do experimento, calculou-se a massa de solo que ficou retida em cada uma das peneiras, conforme a variação do tempo entre 5, 7,5 e 10 minutos e da intensidade entre 4, 7 e 10. Com os resultados das massas retidas, determinou-se os valores de R^2 para cada um dos modelos matemáticos, GGS e RRB, por meio da construção dos gráficos. O R^2 indica qual dos modelos melhor se adapta aos dados, ou seja, a partir dele é possível saber em qual tempo e intensidade se obtém uma melhor linearidade entre os dados experimentais. Os resultados desses cálculos estão apresentados a seguir, no Quadro 1, em que I representa as diferentes intensidades.

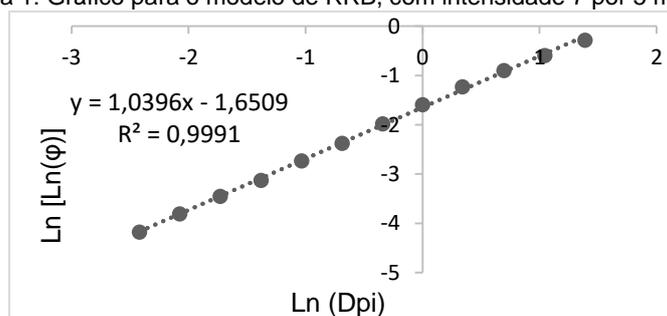
Quadro 1: Resultados das massas retidas nas peneiras, em [g], e valores de R^2 dos modelos matemáticos.

Tempo	5 minutos			7,5 minutos			10 minutos		
	4	7	10	4	7	10	4	7	10
Massa Total Retida	149,96	149,93	149,97	149,95	149,96	149,98	149,93	149,97	149,96
GGS – R^2	0,9941	0,9957	0,9956	0,9933	0,9931	0,9935	0,9926	0,9925	0,9930
RRB – R^2	0,9979	0,9991	0,9990	0,9986	0,9985	0,9988	0,9986	0,9989	0,9991

(Fonte: As Autoras).

Para saber qual o melhor R^2 encontrado, analisa-se o que estiver o mais próximo de 1. De acordo com os resultados colocados no Quadro 1, para o modelo GGS, observou-se que o melhor procedimento para o peneiramento do solo foi com a intensidade 7 por 5 minutos, sendo o valor de $R^2 = 0,9957$. Porém para o modelo de RRB, dois procedimentos obtiveram o mesmo resultado de $R^2 = 0,9991$, ou seja, tem-se dois experimentos com boa linearidade nos resultados, além disso, percebe-se que em todas as peneiras teve amostra de solo retida. O gráfico mostrado na figura a seguir (Figura 1) representa os dados com os quais se obteve o melhor valor de R^2 para RRB, no tempo de 5 minutos e intensidade igual a 7.

Figura 1: Gráfico para o modelo de RRB, com intensidade 7 por 5 minutos.



(Fonte: As Autoras).



O gráfico representado na Figura 1 representa um excelente ajuste do modelo RRB, mostrando a equação da linearidade desse procedimento, com a qual calculou-se a equação para análise granulométrica das partículas passantes (AGAP), pelo diâmetro médio. No gráfico, percebe-se também que os afastamentos dos pontos ao longo da reta são pequenos, o que confirma uma boa linearidade de ajuste do modelo. A equação determinada para o modelo está representada pela Equação 3, colocada a seguir.

$$X_i = 1 - \exp \left[- \left(\frac{D_i}{4,894} \right)^{1,0396} \right] \text{Equação 3}$$

Após as realizadas a análise da linearidade do gráfico apresentado na figura 1 e do quadro 1, percebe-se que o modelo RRB representa uma melhor distribuição das partículas do solo, que é indicado pelo valor obtido em R^2 de 0,9991 sendo o mais próximo de 1, indica que a mostra de solo na agitação 7 teve um melhor ajuste dos dados ao modelo e assim sendo o experimento com mais eficiência.

4 CONCLUSÃO

Ao final das análises granulométricas, foi possível determinar a equação que melhor se adaptou aos dados experimentais. Teve-se um ótimo ajuste ao modelo de RRB, obtido no teste com intensidade igual a 7 e tempo de 5 minutos. Pode-se afirmar ainda que o solo apresentou uma boa distribuição granulométrica, tendo-se quantias de amostra retidas em todas as peneiras utilizadas no experimento, o que favoreceu o bom ajuste ao modelo e proporcionou a obtenção de um valor de R^2 próximo a 1.

NOMENCLATURA

X_i	Fração Passante	[]
D_i	Diâmetro	[m]
D_p	Diâmetro Médio	[m]
m	Massa Total	[g]
m_i	Massa Retida	[g]

REFERÊNCIAS

- CREMASCO, M. A. Caracterização de partículas. In: CREMASCO, M. A. **Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluido Mecânicos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014. p. 142-52.
- DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 2. ed. Pelotas: Signus, 2000.
- MATOS, S. P. de. **Operações Unitárias: fundamentos, transformações e aplicações dos fenômenos físicos e químicos**. São Paulo: Érica, 2015. p. 64-6.



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO PENEIRAMENTO DE RAÇÃO ANIMAL, COMPOSIÇÃO DE MILHO E TRIGO MOÍDO

Gabriel da Rosa Lütchemeyer^{1,*}, Andrei Braun¹, Arthur Rolim Stasiak¹, Luigi Calegari¹, Isaac dos Santos Nunes¹

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

*gabriellutchemeyer98@hotmail.com

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

Peneiramento é uma operação unitária que consiste na separação de partículas sólidas em frações de granulometria diferentes pela passagem em peneiras de diferentes tamanhos de abertura, podendo ser feita assim uma análise granulométrica com o material. Sabendo disso, tem-se por objetivo realizar tal análise para ração de animais, basicamente trigo e milho moído. E, além disso, determinar o tempo e a intensidade operacionais ideais para o processo. No método foram empregadas várias peneiras entre 4 e 200 Mesh e a amostra foi analisada cruzando-se os tempos de 5, 7,5 e 10 minutos com as intensidades 4, 7 e 10. Por meio do experimento, verificou-se que o modelo mais adequado para tal processo seria o RRB visto que o R^2 da reta do modelo resultou em 0,9768. Além de que, as condições que tiveram melhores resultados foram tempo igual a 10 minutos e intensidade igual a 7.

Palavras-chave: *análise granulométrica, peneiramento, ração de animais.*

1 INTRODUÇÃO

A ração animal, é uma mistura de cereais e outros nutrientes que complementam a alimentação do animal. Por ter alto valor energético e oferecer diversos nutrientes que colaboram para desenvolvimento de cada fase da criação é de extrema importância na nutrição animal. A qualidade da ração para animais está diretamente ligada ao controle do processo de moagem dos grãos, pois a digestão de todos nutrientes presentes nos grãos é proporcionada pela granulometria correta.

O peneiramento é utilizado para separar os componentes de uma mistura heterogênea entre sólidos ou determinar o tamanho de partículas, podendo ser realizado de forma mecânica ou manual. O princípio utilizado para essa separação é o tamanho das partículas. A peneira possui abertura com diâmetros definidos (malhas), e, assim, passarão apenas as partículas com diâmetro inferior ao da abertura da peneira, enquanto as demais partículas ficarão retidas. (MATOS, 2015).

Segundo Cremasco (2014), Independentemente da técnica de medida de tamanho das partículas, a análise granulométrica relaciona, em caso de peneiramento, as massas retidas em cada uma das peneiras.

Com as análises granulométricas pode-se desenvolver um modelo matemático e determinar o diâmetro médio de Sauter.

“Qualquer que seja a distribuição granulométrica, torna-se possível descrevê-la por modelos matemáticos na forma de $X = X(D)$. Existem, classicamente, três modelos:

o de Gates, Gaudin e Schumann (GGS), o de Rosin, Rammler e Bennet (RRB), modelo que estabelece a função $X = X(D)$ no formato de log-normal.”. (CREMASCO, 2014 apud MASSERINI, 1984).

Sabendo disso, foi realizada no laboratório de Engenharia Química uma prática para determinar a análise granulométrica da ração de animais (milho moído e trigo moído). Com isso pode-se analisar em qual peneira se reteve mais materiais e desenvolver o modelo de distribuição granulométrica mais adequado para o processo.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para a realização do peneiramento utilizou-se peneiras de 4, 6, 8, 10, 14, 20, 28, 35, 48, 65, 100, 150 e 200 Mesh, com suas respectivas massas aferidas previamente. Para fazer o agitação das peneiras operou-se com um agitador mecânico que pode ser visto na Figura 1, junto com as peneiras, as quais foram preenchidas com 300 gramas de ração animal, composta basicamente de milho e trigo moído. Para o peneiramento utilizou-se intensidade de vibração do equipamento de 4, 7 e 10. Para cada velocidade de vibração foi feito um peneiramento com diferentes tempos, esses tempos foram de 5, 7,5 e 10 minutos.

Figura 1. Peneiras e agitador mecânico.



Fonte: Os autores.

Depois de realizado o peneiramento pesou-se novamente as peneiras, e determinaram-se as massas de amostra presente em cada peneira, descontando com a massa da peneira vazia que já havia sido determinada anteriormente.

Os resultados de massa obtidos nas peneiras foram passados para o Excel onde já havia sido feitas algumas tabelas que variavam a intensidade de vibração e o tempo de vibração. Os modelos dispostos para análise foram o GGS e o RRB, para a determinação do melhor modelo, tempo de agitação e intensidade de agitação, encontrou-se o R^2 da reta da equação para cada caso. O experimento que mais se aproximou do valor de R^2 igual a um, considerou-se o experimento mais adequado para a prática.

Para a montagem do gráfico do modelo GGS no eixo y é representado pelo logaritmo natural do AGD, ou, a quantidade de amostra em um determinado diâmetro, e no eixo x é representado pelo logaritmo natural do diâmetro médio entre a peneira passante e a peneira retida.

Para a montagem do gráfico do modelo RRB no eixo y é representado pelo logaritmo natural do logaritmo natural de $(1-(1-x_i))$, onde x_i , é fração mássica presente em cada peneira, ou seja, a massa de amostra retida na peneira dividida pela massa total. Enquanto o eixo x é representado pelo logaritmo natural do diâmetro médio entre a peneira passante e a peneira retida. Ficou constado que



o modelo RRB foi o mais indicado para tal peneiramento, com isso foi utilizada a Equação 1, que seria a própria do modelo RRB.

$$X_i = 1 - \exp[-(D_i/D')^n]$$

Equação 1

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente foi encontrado o valor de amostra em cada umas das peneiras, como pode ser visualizado na Tabela 1 a seguir¹, os valores são para todas as combinações entre os tempos 5, 7,5 e 10 minutos e intensidade do agitador 4, 7 e 10.

Tabela 1 – Massa da amostra, em gramas, retida nas peneiras divididas por Mesh.

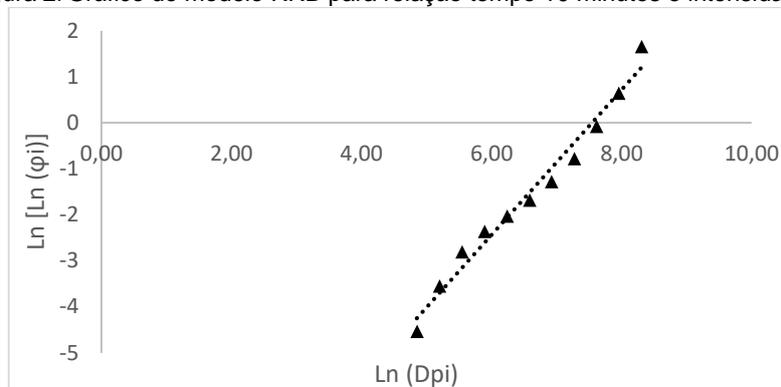
Mesh	Relação tempo(min)/intensidade								
	5/4	5/7	5/10	7,5/4	7,5/7	7,5/10	10/4	10/7	10/10
6	0,94	0,65	0,67	0,98	0,78	0,7	0,81	0,78	0,56
8	25,49	22,4	20,1	25,19	23,13	19,93	24,7	21,59	19,64
10	38,7	37,25	33,28	36,08	36,44	36,85	36,02	37,01	37,16
14	35,85	35,83	56,4	34,58	35,4	36,7	34,11	35,34	36,7
20	16,31	18,55	19,68	18,32	18,39	20,02	18,66	18,79	19,87
28	12,54	10,8	11,06	11,23	11,02	11,18	11,04	10,99	11,31
35	6,29	7,9	6,63	6,68	6,99	6,94	7,37	6,94	6,77
48	5,68	5,95	5,25	5,14	5,36	5,06	4,72	5,03	4,94
65	7,38	7,05	4,44	5,89	5,29	5,28	5,84	4,68	4,53
100	0,71	3,48	4,18	5,78	3,8	4,3	4,58	4,58	4,6
150	0,03	0,49	2,5	0,34	2,28	2,13	1,75	2,66	3,04
200	0,02	0,03	1,1	0,02	1,23	1,06	0,15	1,61	1,17

Fonte: Os autores.

Como se pode observar na Tabela 1, a amostra ficou majoritariamente entre as peneiras de 8 a 14 Mesh. Em contrapartida, a partir da peneira de 100 Mesh quase não ficaram retidas amostras. Com estes valores, encontrou-se uma equação para os modelos de distribuição granulométrica RRB e GGS para cada uma das relações entre tempo e intensidade, por meio dos gráficos de cada modelo.

Com isso, as retas que obtiveram maior linearidade, ou seja, R^2 mais próximo de um, para os dois modelos, foram as retas da relação de tempo 10 minutos e intensidade 7. Tendo em vista que o modelo RRB alcançou R^2 igual a 0,9768 e o modelo GGS obteve o valor de 0,9706 para a mesma constante. Com isso o modelo indicado seria o modelo RRB que está descrito, para este caso, pela Figura 2 a seguir.

Figura 2. Gráfico do modelo RRB para relação tempo 10 minutos e intensidade 7.



Fonte: Os autores.

Em seguida foi utilizada a Equação 1, nesta equação temos que a constante D' é igual a $D_{63,2}$, ou seja, o diâmetro médio que detém 63,2% das partículas passantes, este valor resulta em 1897,73 μm . encontrado por meio da realização dos cálculos. Assim como a constante n que equivale ao coeficiente angular da reta, dada pela Equação 2 a seguir.

$$y = 1,5749x - 11,888$$

Equação 2

Aplicando na Equação 1 os valores encontrados, chegou-se na Equação 3, a equação que melhor descreve a análise granulométrica em questão.

$$X_i = 1 - \exp[-(D_i/1897,73)^{1,5749}]$$

Equação 3

A partir disto, temos uma equação que nos dá os valores de amostra passante em gramas para qualquer diâmetro médio de peneiras em μm .

4 CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos determinou-se que o modelo ideal para esta análise granulométrica é o RRB, assim como o tempo de 10 minutos e a intensidade do agitador equivalente a 7. Este modelo ficou com R^2 igual à 0,9768 e faz a relação entre amostra passante pelas peneiras e diâmetro médio das mesmas. Assim como, sabe-se que o material ficará retido quase totalmente entre peneiras de 8 e 65 Mesh.

NOMENCLATURA

D_i	Diâmetro qualquer	[μm]
X_i	Fração passante de uma peneira qualquer	[g]
D'	Diâmetro que detém 63,2% das partículas passantes	[μm]
n	Coeficiente angular do modelo RRB	[-]



REFERÊNCIAS

CREMASCO, M. A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

MATOS, S. P. de. **Operações unitárias: fundamentos, transformações e aplicações dos fenômenos físicos e químicos**. São Paulo: Érica, 2015.



AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO EMPREGANDO CARVÃO ATIVADO COMO ADSORVENTE

Gabriele Kuhn Dupont^{1,*}, Júlia Cristina Diel¹, Cláudia Luisa Hahn¹, Keli Taís Sallet¹, Isaac dos Santos Nunes¹

¹Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus de Cerro Largo, Programa de Pós-graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis

²Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*gabi-dupont@hotmail.com

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

Os corantes descartados pelas indústrias destacam-se como uma das principais fontes da poluição hídrica. Diante desse contexto, o processo de adsorção aparece como uma operação unitária de grande potencial no processo de tratamento de águas residuais contendo corantes, pelo custo relativamente baixo e elevada eficiência. Em vista disso, este trabalho objetivou avaliar a capacidade de remoção do corante azul de metileno (AM) empregando carvão ativado (CA), variando-se as massas de adsorvente na concentração fixa de 100 mg.L⁻¹ de corante. A partir das cinéticas de adsorção, considerando-se a eficiência de remoção, verificou-se que a massa de 0,2 g de CA foi a mais atrativa. Nesta condição, a eficiência de remoção (η) foi de 98,9%, com capacidade adsortiva (q_t) de 49,45 mg.g⁻¹, no tempo de equilíbrio de 120 min. Para os dados cinéticos, o modelo que apresentou melhor ajuste foi o de PSO, avaliado por meio dos parâmetros R² e ERM.

Palavras-chave: adsorção, carvão ativado; azul de metileno, corantes.

1 INTRODUÇÃO

Na fabricação de têxteis, tintas, papel, plásticos, borrachas, explosivos, produtos farmacêuticos e cosméticos, grandes quantidades de águas residuais altamente poluídas são produzidas, contendo diferentes tipos de corantes, sendo a remoção de suas moléculas um grande desafio ambiental (Marrakchi *et al.*, 2017). Pawar *et al.* (2018) destacam o corante catiônico azul de metileno (AM) como um dos principais poluentes, empregado geralmente na indústria têxtil.

Segundo Pawar *et al.* (2018), como os corantes orgânicos são geralmente resistentes à degradação, é necessário que sejam removidos das indústrias utilizando tecnologias adequadas de tratamento de água antes de serem descartadas no meio ambiente, em vista disso, vários métodos físicos, químicos e biológicos, incluindo adsorção, tem sido amplamente utilizados para esse fim. A adsorção é uma operação unitária considerada de grande potencial devido à sua flexibilidade, simplicidade, alta eficiência, facilidade de operação e baixo custo. De acordo com Matos (2015), o material sólido que adsorve é denominado como adsorvente, enquanto a substância que é adsorvida é conhecida como adsorvato. Neste sentido, este trabalho objetivou avaliar o potencial uso do CA como adsorvente na remoção do corante AM em solução aquosa, estudando o efeito da massa de adsorvente e o tempo de contato, ajustando os dados experimentais a modelos cinéticos.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Preparo de soluções e ensaios de adsorção

Empregou-se como adsorvente o CA P.A. em pó (Audaz Brasil) e como adsorvato o corante sintético AM (Audaz Brasil). As soluções utilizadas foram preparadas a partir da dissolução de AM, na concentração inicial de 100 mg.L⁻¹. A quantificação das concentrações foi realizada em espectrofotômetro SP22 Biospectro, no comprimento de onda de 664 nm e, construiu-se a curva de calibração. Os experimentos de adsorção com CA para a remoção do AM foram realizadas sob agitação constante, com aquecimento. A concentração da solução foi medida em intervalos de tempo regulares. Ao final, tem-se a cinética de adsorção, na qual calculou-se q_t , por meio da Equação 1. Verificou-se o efeito da razão de massa de adsorvente e volume de solução, variando-se a massa de adsorvente na faixa de 0,05, 0,1, 0,15, 0,2 e 0,25 g. E ainda η , pela Equação 2.

$$q_t = \frac{V (C_0 - C_t)}{m} \quad \text{Equação 1}$$

$$\eta = \frac{(C_0 - C_{t,f})}{C_0} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

2.2 Modelagem das cinéticas de adsorção

O software MatLab[®] foi utilizado para a construção dos perfis cinéticos, pelos métodos Levenberg-Marquardt e Trust-region. Os modelos testados foram PPO, PSO e quimissorção de Elovich, pelas Equações 3, 4 e 5, respectivamente.

$$q_t = q_e(1 - \exp^{-k_1 t}) \quad \text{Equação 3}$$

$$q_t = \frac{t}{(1/k_2 q_e^2) + (t/q_e)} \quad \text{Equação 4}$$

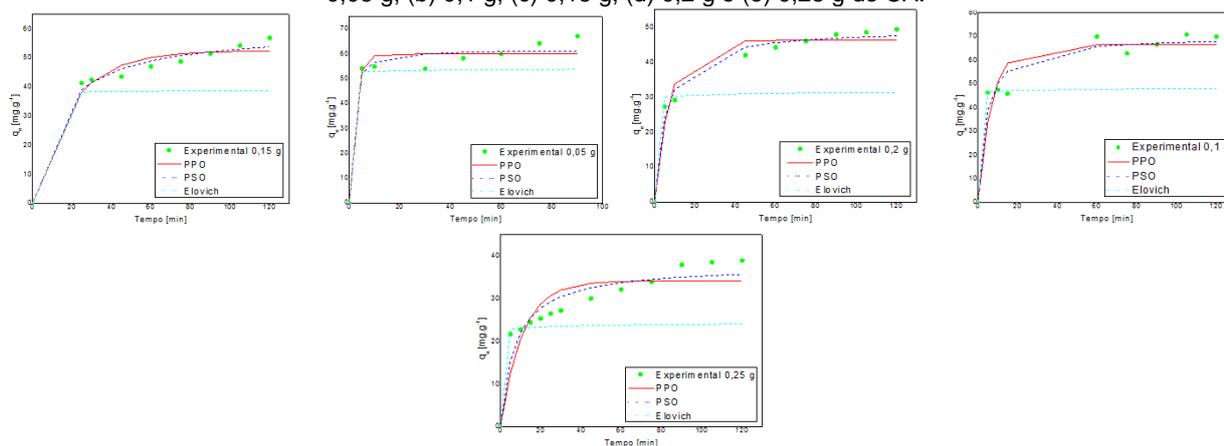
$$q_t = A + B \ln(t) \quad \text{Equação 5}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1, apresenta os perfis cinéticos de adsorção com tempo de equilíbrio estimado de 120 min, tempo pelo qual, não foi suficiente, já que a concentração de corante em solução continuava variando. Em vista disso, com a massa de 0,05 g de CA, o tempo de equilíbrio foi de 90 min, com q_t de 67,23 mg.g⁻¹ e η de 33,61%. Com massa de 0,1 g, q_t foi de 69,98 mg.g⁻¹, com η de 69,98%, e tempo de 120 min. Já para as massas de 0,15, 0,2 e 0,25 g, no mesmo tempo de 120 min, o η foi de 85,49, 98,9 e 97,54%, com q_t de 56,99, 49,45 e 39,01 mg.g⁻¹, respectivamente. Com isso, de modo geral, pode-se analisar que com o aumento da massa de adsorvente promoveu redução na q_t do CA. Assim, a massa de 0,2 g apresentou-se como uma configuração experimental mais atrativa. Chiquim *et al.* (2018) empregaram bagaço de malte para a adsorção de AM na concentração de 100 mg.L⁻¹ e obtiveram q_t de 82,22 mg.g⁻¹ para 0,1 g do adsorvente, com equilíbrio em 90 min e η de 76,3%. Oliveira *et al.* (2013) utilizaram caulinita natural na adsorção de AM, obtiveram q_t de 72,14

mg.g^{-1} , para 0,2 g de adsorvente. Já Alfredo *et al.* (2015) utilizaram 0,1 g de casca de batata para a adsorção de AM na concentração inicial de 10 mg.L^{-1} , com q_t de $48,7 \text{ mg.g}^{-1}$. Desta forma, pode-se dizer que os intervalos apresentados de q_t aproximam-se dos encontrados neste trabalho, o que mostra que o CA apresenta potencial para adsorção de AM. Verificou-se ainda que, quanto maior a massa testada, maior foi a eficiência de remoção, conforme identificado por Diel *et al.* (2018).

Figura 1. Perfis cinéticos com modelos ajustados ao processo de adsorção de AM com 100 mg.L^{-1} nas massas de (a) 0,05 g, (b) 0,1 g, (c) 0,15 g, (d) 0,2 g e (e) 0,25 g de CA.



(Fonte: os Autores).

Tabela 1. Dados cinéticos dos modelos testados para adsorção de AM com 100 mg.L^{-1} e diferentes massas de CA.

Modelos	Massa de adsorvente [g]				
	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
<i>Pseudo-Primeira Ordem (PPO)</i>					
$q_e [\text{mg.g}^{-1}]$	60,14	66,6	52,56	46,25	34,24
$k_1 [\text{min}^{-1}]$	0,4336	0,1435	0,05223	0,1316	0,09202
R^2	0,9604	0,9069	0,9707	0,959	0,8299
ERM [%]	4,604	7,397	3,103	3,498	4,419
<i>Pseudo-Segunda Ordem (PSO)</i>					
$q_e [\text{mg.g}^{-1}]$	61,99	70,22	59,75	49,73	37,91
$k_2 \times 10^3 [\text{g.mg.min}^{-1}]$	17,24	3,538	1,284	3,721	3,666
R^2	0,9708	0,952	0,9861	0,9834	0,9175
ERM [%]	3,951	5,314	2,137	2,227	3,077
<i>Elovich</i>					
A	52,16	46,07	37,15	29,34	22,17
B	0,3764	0,436	0,3611	0,442	0,4131
R^2	0,9085	0,8553	0,9935	0,8932	0,9751
ERM [%]	1,913	5,128	0,5402	3,38	1,093

Fonte: os Autores.

Por meio da Tabela 1, verifica-se que com maiores valores de R^2 e menores valores de ERM, o modelo de PSO apresentou melhor ajuste aos resultados encontrados para as massas de 0,05, 0,1 e 0,20 g, enquanto que, para 0,15 e 0,25 g foi com o modelo de Elovich. Lima *et al.* (2018) e Hussin *et al.* (2016) que estudaram a cinética de AM com CA, observaram que para seus experimentos o modelo que apresentou melhor ajuste ao sistema foi o PSO. Por fim, os resultados encontrados foram satisfatórios quanto a η para as massas de 0,1, 0,15, 0,2 e 0,25 g, porém não obteve-se uma relação muito favorável para construção dos perfis cinéticos, em vista possivelmente da precisão do espectrofotômetro empregado e o curto tempo de contato estimado para a adsorção.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho evidenciam que as diferentes condições experimentais de massa de adsorvente influenciaram no processo adsorptivo. O aumento da massa de CA diminuiu a capacidade adsorptiva, à medida que aumentou o percentual de remoção de corante. Além disso, a massa de 0,2 g de carvão ativado foi considerada a mais atrativa em virtude do η de 98,9%, q_t de 49,45 mg.g⁻¹ e, o modelo cinético de PSO apresentou melhor ajuste aos dados.

NOMENCLATURA

q_t	Capacidade de adsorção	[mg.g ⁻¹]
V	Volume de solução	[L]
C_o	Concentração inicial	[mg.L ⁻¹]
C_t	Concentração do corante medida no intervalo de tempo	[mg.L ⁻¹]
m	Massa de adsorvente	[g]
η	Eficiência de remoção	[%]
$C_{t,f}$	Concentração no tempo final	[mg.L ⁻¹]
q_e	Capacidade de adsorção no equilíbrio	[mg.g ⁻¹]
k_1	Constante de adsorção de PPO	[min ⁻¹]
k_2	Constante de adsorção de PSO	[g.mg ⁻¹ .min ⁻¹]
t	Tempo de adsorção	[min]
A	Taxa inicial de adsorção	[mg.g ⁻¹ .min ⁻¹]
B	Constante relacionada ao grau de cobertura e energia de ativação	[mg.g ⁻¹]
R^2	Coefficiente de correlação linear	[-]
ERM	Erro relativo médio	[-]

REFERÊNCIAS

- ALFREDO, A. P. C.; GONÇALVES, G. C.; LOBO, V. S. **Virtual Química**, v. 7, p. 1909-1920, 2015.
- CHIQUIM, M. S.; DALLA PORTA, P. G.; ALVES, P. S.; COLOVINI, B. G.; NUNES, I. dos S. **Estudo da capacidade de adsorção de azul de metileno utilizando resíduo de bagaço de malte**. In: 12º Encontro Brasileiro sobre Adsorção, Gramado, 2018.
- DIEL, J. C.; SALLET, K. T.; CHIQUIM, M. S.; MAURER E.; COLOVINI, B. G.; NUNES, I. dos S. **Avaliação da capacidade de adsorção de violeta cristal empregando casca de bergamota in natura**. In: 12º Encontro Brasileiro sobre Adsorção, Gramado, 2018.
- HUSSIN, H. M.; POHAN, A. N.; GARBA, N. Z.; KASSIM, J. M.; RAHIM, A. A. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 92, p. 11-19, 2016.
- LIMA, J. P.; ALVARENGA, G.; ROSA, G. R.; LOPES, T. J. **Estudo cinético de adsorção do azul de metileno utilizando carvão oriundo da casca de timbaúva (Enterolobium contortisiliquum)**. In: 12º Encontro Brasileiro sobre Adsorção, Gramado, 2018.



MARRAKCHI, M. J. A.; KHANDAY, W. A.; ASIF, M.; HAMEED, B. H. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, p. 233–239, 2017.

MATOS, S. P. **Operações unitárias: fundamentos, transformações e aplicações dos fenômenos físicos e químicos**. São Paulo: Erica, 2015. 160 p.

OLIVEIRA, S. P.; SILVA, W. L. L.; VIANA, R. R. **Cerâmica**, v. 59, p. 338-344, 2013.

PAWAR, R. R.; GUPTA, P.; SAWANT, S. Y.; SHAHMORADI, B.; LEE, S. M. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 114, p. 1315-1324, 2018.



AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO NA PERDA DE CARGA EM TUBOS DE AÇO INOX

Andrei Braun¹, Arthur Rolim Stasiak^{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.

*andreibraun@aluno.santoangelo.uri.br

Área do trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

O conhecimento sobre as perdas de carga em tubulações e acessórios hidráulicos são de grande importância, pois influenciam nos dimensionamentos dos projetos hidráulicos e das máquinas de fluxos. O aço inoxidável apresenta vantagens para a construção de tais equipamentos, devido a sua resistência a corrosão e baixa rugosidade, tendo em vista tais vantagens realizou-se um estudo prático para determinação das perdas de carga teórica e experimental de tubos de aço inox variando seu diâmetro utilizando um módulo hidráulico. Os resultados obtidos foram de perdas de cargas teóricas no tubo de 16,2 mm e igual a 0,0147 m e 0,0343 m de perda de carga teórica e 0,0186 m e 0,0398 m para perdas de carga experimental. Já para o tubo de 12 mm foram de 0,012 m e 0,0982 m para perdas de cargas teóricas e 0,0223 m e 0,126 m para perdas de cargas experimentais.

Palavras-chave: *perda de carga, aço inoxidável, tubulações.*

1 INTRODUÇÃO

O aço inoxidável é uma liga de vários elementos químicos, sendo os principais o Ferro e o Carbono. É um tipo de aço contendo pelo menos 10,5% de cromo, com composição química balanceada para ter uma melhor resistência à corrosão. Os aços normais tem na corrosão sua maior inimiga, eles reagem com o oxigênio formando uma camada de óxido ferroso, muito porosa que permite a oxidação continua do material causando corrosão. Este processo não ocorre em aços inoxidável, pois a combinação do oxigênio do ar com o cromo do aço forma uma camada protetora (ABINOX).

Os escoamentos internos são aqueles que estão completamente limitados por superfícies sólidas, nestes escoamentos o efeito do atrito causa uma queda de pressão, ocasionando uma perda. Podemos dividir estas perdas em perda de carga distribuída, causada pelo atrito entre o fluido e as paredes do tubo ao longo do seu escoamento, e perda de carga localizada, que por sua vez ocorre devido a passagem do fluido por acessórios presentes no percurso, como por exemplo curvas, válvulas, cotovelos entre outros (Fox e McDonald, 1998).

O conhecimento sobre as perdas de carga em tubulações e acessórios hidráulicos são de grande importância, pois influenciam nos dimensionamentos dos projetos hidráulicos e das máquinas de fluxos (Amaral, Elbert e Amaral, Tatiane, 2016).

Medidores de vazão são dispositivos que permitem determinar a quantidade de líquidos, sólidos ou gases que passam por um determinado local na unidade de tempo. Um dos medidores de vazão é o Rotâmetro. Este é baseado no fato da força de arrasto ser proporcional ao quadrado da velocidade média do escoamento da seção (ÇENGEL, 2007).



Diante do exposto, o objetivo do seguinte estudo é calcular a perda de carga teórica e experimental em tubos de aço inoxidável de diferentes diâmetros, e fazer a comparação dos resultados obtidos.

2 MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi realizado em um módulo hidráulico com tubulações de aço inoxidável de 12,0 e 16,1 mm, com uma vazão controlada por um rotâmetro e com um leitor manométrico, da entrada e da saída do fluido, de C_2Cl_4 (tetracloroetileno) como fluido, sua variação é a leitura manométrica.

A partir das vazões utilizadas no experimento calculou-se as velocidades de escoamento através da equação 1.

$$Q = v \cdot A \text{ Equação 1}$$

Em seguida, calculou-se o número de Reynolds, Equação 2.

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} \text{ Equação 2}$$

Visando determinar o fator de atrito, utilizou-se o diagrama de Moody, este relaciona o número de Reynolds e a rugosidade relativa. A rugosidade relativa pode ser encontrada pela relação entre a rugosidade do material e o diâmetro do tubo.

Para realizar o cálculo da perda de carga teórica, utilizou-se a equação 3, e em seguida determinou-se a perda de carga experimental pela equação 4.

$$hD = f \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \text{ Equação 3}$$

$$hD = \frac{\Delta P}{\rho g} \text{ Equação 4}$$

Com os resultados obtidos através dos cálculos da perda de carga teórica e experimental, foi possível fazer a comparação dos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de começar a prática de perda de carga nos tubos de aço inox foram fornecidos alguns dados iniciais. Esses dados podem ser observados na tabela 1.



Tabela 1. Parâmetros obtidos inicialmente.

Parâmetros	Aço inox (16,2 mm)		Aço inox (12 mm)	
	D (m)	0,0162		0,012
ϵ (m)	2×10^{-6}		2×10^{-6}	
Q (m ³ /s)	$1,17 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-4}$	5×10^{-5}	$1,3 \times 10^{-4}$
L (m)	0,5		0,5	

(Fonte: Os Autores).

Com esses dados de vazão e os diâmetros é possível calcular a velocidade do fluido com a Equação 1 e o número de Reynolds com a Equação 2. O Fator de atrito se encontra através do diagrama de Moody, um gráfico de Re versus Fator de atrito, e cada curva representada nesse gráfico é uma função relativa entre a razão da espessura do material pelo diâmetro (ϵ/D). Com esses resultados encontra-se o hD teórico através da Equação 3. Os resultados obtidos estão contidos na Tabela 2.

Tabela 1. Variáveis usadas para o cálculo do hD teórico.

Parâmetros	Aço inox (16,2 mm)		Aço inox (12 mm)	
	ϵ/D	$1,234 \times 10^{-4}$		$1,667 \times 10^{-4}$
v (m/s)	0,586	0,825	0,442	1,149
Re	9493,2	13365	5304	13788
F	0,029	0,032	0,035	0,029
hD (m)	0,0147	0,0343	0,012	0,0982

(Fonte: Os Autores).

Para o cálculo da perda da carga experimental primeiramente calculou-se a diferença de pressão, para isso utiliza-se a equação a Equação 5. Para isso, encontrou-se na literatura os valores de $\rho_{C_2Cl_4}$ e ρ_{H_2O} iguais a 1620 e 1000 kg/m³ respectivamente.

$$\Delta P = g \times (\rho_{C_2Cl_4} - \rho_{H_2O}) \times \Delta h \text{ Equação 5}$$

Com os resultados de ΔP encontrados é possível encontrar o hD experimental pela Equação 4. Os resultados obtidos estão presentes na Tabela 3.

Variáveis usadas para o cálculo do hD experimental.

Parâmetros	Aço inox (16,2 mm)		Aço inox (12 mm)	
	ΔH (m)	0,03	0,064	0,036
ΔP (Pa)	182,46	389,26	218,96	1240,77
hD (m)	0,0186	0,0398	0,0223	0,126

(Fonte: Os Autores).

A perda de carga acontece ao longo de uma tubulação em consequência do atrito das partículas da água com a parede da tubulação. Sendo assim, ao observarmos os dados da Tabela 1 e os resultados teóricos e experimentais obtidos na Tabela 2, podemos dizer que o diâmetro tem influência na perda de carga. Quanto menor for o diâmetro, maior será o atrito com as paredes da



tubulação, ou seja, maior a perda de carga e quanto maior for o diâmetro, menor a perda de carga. (Amaral, Elbert e Amaral, Tatiane, 2016).

Os resultados teóricos foram comparados aos experimentais e pode-se perceber que houve discrepâncias nos resultados. Os erros percentuais para o tubo de 16,2 mm foram de 27,4% e 16% para as vazões de $1,17 \times 10^{-4}$ e $1,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. Já para o tubo de 12 mm os erros percentuais foram de 85% e 28,3% para as vazões de 5×10^{-5} e $1,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente.

Os possíveis erros decorrentes no processo podem estar associados a arredondamentos dos números ao se calcular as variáveis, erro de visualização do diagrama de Moody e/ou por uma análise errônea da diferença da altura manométrica. Ou até mesmo por possíveis falhas do equipamento, pelo envelhecimento dos tubos, ou pela própria natureza do fluido.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho tinha como objetivo determinar as perdas de cargas teóricas e experimentais de dois tubos de diferentes diâmetros. Sabendo disso, os resultados encontrados se mostraram satisfatórios, pois em 3 das 4 análises os erros percentuais ficaram abaixo dos 30%. Apenas o tubo de 12 mm com vazão de $5 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ apresentou um erro maior, que foi de 85%. Os possíveis erros podem ter ocorrido de erros nos cálculos do grupo e/ou por falhas do equipamento e/ou natureza do fluido

NOMENCLATURA

D	Diâmetro	[m]
Q	Vazão	[m ³ /s]
Δh	Diferença de altura	[m]
L	Comprimento	[m]
v	Velocidade	[m/s]
f	Fator de atrito	[-]
ΔP	Diferença de pressão	[Pa]
g	Gravidade	[m/s ²]
Re	Número de Reynolds	[-]
ρ	Massa específica	[kg/m ³]
ϵ	Rugosidade	[-]

REFERÊNCIAS

ABINOX. ABC do aço inox. **Associação brasileira do aço inoxidável**. Disponível em <https://www.abinox.org.br/site/aco-inox-abc-do-aco-inox.php>. Acesso em: 3 maio 2019.

AMARAL, E. R.; AMARAL, T. R. **Análise dos fatores que influenciam nas perdas de carga em tubulações e acessórios hidráulicos**. Disponível em:

<<https://www.ifnmg.edu.br/arquivos/2016/proppi/sic/resumos/64ddd471-17b3-4218-8c2f-02b86282f985.pdf>>. Acesso em: 3 maio 2019.

ÇENGEL, Yunus A., CIMBALA, John M. **Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações**. 3. ed. São Paulo: Mcgraw-hill, 2007.



FOX, R. W.; McDONALD, A. T. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.



AVALIAÇÃO DA PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA EM TUBOS DE PVC E AÇO INOX

Gabrieli Carvalho Grás¹*, Bruna Teresinha Klassen Tusset¹, 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

*gabrielicgras@aluno.santoangelo.uri.br

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte.

RESUMO

Um fluido em escoamento sobre uma tubulação sofre interferências tanto de sua viscosidade como do atrito com a tubulação, essas interferências resultam na perda de carga distribuída do mesmo. Assim quanto maior a dificuldade do fluido escoar ou maior a rugosidade do material do qual o fluido esta escoando, mais energia será dissipada. O presente trabalho apresenta a perda de carga distribuída teórica e experimental de dois tubos de matérias diferentes, sendo eles PVC e aço inox submetidos a um módulo hidráulico sobre diferentes pressões de um mesmo fluido, em questão água. As perdas de carga experimentais foram para o tubo de PVC nas vazões de 12 L.min⁻¹ e 4 L.min⁻¹ de 0,049 m e 0,007 m respectivamente, já para o tubo de aço inox para as vazões de 5 L.min⁻¹ e 9 L.min⁻¹ foram 0,010 m e 0,031 m respectivamente.

Palavras-chave: PVC, Aço inox, perda de carga.

1 INTRODUÇÃO

A mecânica dos fluidos estuda o comportamento de um fluido em repouso e em movimento, como também a sua interação com superfícies sólidas. O escoamento em um tubo é definido como escoamento interno, há influência da viscosidade em todo o campo do escoamento, onde o fluido tem resistência ao movimento, resultando em perda de energia, que é denominada perda de carga. (ÇENGEL E CIMBALA, 2011)

As perdas de carga são diferenciadas por localizada e distribuída, sendo a localizada originada pelas variações na geometria do escoamento, como válvulas, curvas, mudanças súbitas de área, entre outros; a distribuída ocorre devido ao atrito e viscosidade do fluido durante o percurso do escoamento pelo tubo de área constante (FOX E MCDONALD, 1998).

Para o cálculo teórico, a perda de carga distribuída depende do diâmetro, do comprimento do tubo, da rugosidade relativa da superfície sólida e das propriedades do fluido. Além disso, quanto maior a turbulência do fluido, maior será a rugosidade da parede da superfície sólida, que resulta no aumento do fator de atrito, indicando que o fluido é mais viscoso (FOX E MCDONALD, 1998).

Neste trabalho, o objetivo é determinar a perda de carga distribuída em tubos de PVC com 16,5 mm de diâmetro e Aço Inox com 16,2 mm de diâmetro com diferentes vazões em um módulo hidráulico, realizando uma comparação entre os resultados experimentais e teóricos, além de verificar a influência de diferentes materiais no escoamento de um fluido.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para determinar a perda de carga distribuídas em tubos utilizou-se um módulo hidráulico, com auxílio de um manômetro de tetracloetileno para a leitura da variação da pressão e rotâmetro com válvula globo para o controle da vazão. Na figura 1 está apresentado o módulo hidráulico utilizado no experimento.

Figura 1: Módulo Hidráulico.



Fonte: (Os Alunos)

Para determinação da perda de carga utilizou-se a equação 1, equação teórica da perda de carga distribuída em função do fator de atrito:

$$h_D = f \frac{LV^2}{D 2g} \quad \text{Equação 1}$$

Para o cálculo do fator de atrito deve-se considerar o tipo de escoamento do fluido, assim utilizou-se a equação de Reynolds, para determinar se o escoamento é laminar ou turbulento, equação 2:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad \text{Equação 2}$$

Se o escoamento for turbulento ($Re > 4000$), utilizou-se o diagrama de Moody correlacionado com Re , f e ε/D para a determinação do fator de atrito. Caso o escoamento seja laminar ($Re < 2300$), utiliza-se a equação 3 para determinar o fator de atrito:

$$f = \frac{64}{Re} \quad \text{Equação 3}$$

Para os experimentos práticos, geralmente calcula-se a perda de carga pela variação da pressão, no equipamento utilizado para essa prática está acoplado um manômetro que indica a diferença de pressão. A variação da pressão é determinada pela diferença da altura do equipamento relacionada com a massa específica do fluido, equação 4.



$$\Delta P = \rho gh$$

Equação 4

Aplica-se o resultado da equação 4 na equação 5, relacionada com a massa específica do fluido e força gravitacional para determinar a perda de carga distribuída em tubos.

$$h_D = \frac{\Delta P}{\rho g}$$

Equação 5

Em cada tubo analisado, calculou-se a carga distribuída em duas vazões diferentes. Primeiramente, para o tubo PVC com 16,5 mm de diâmetro escolheu-se as vazões de 12 L.min⁻¹ e 4 L.min⁻¹, em seguida leu-se a variação da pressão no manômetro e com os resultados obtidos calculou-se a perda de carga distribuída teórica e experimental para cada vazão. Posteriormente, realizou-se o mesmo procedimento para o tubo aço inox com 16,2 mm de diâmetro, com vazões de 5 L.min⁻¹ e 9 L.min⁻¹. Todos os experimentos apresentam o mesmo fluido escoando nos tubos água com (ρ : 1000 Kg/m³ e μ : 10⁻³ Kg/m.s) e o fluido do manômetro tetracloretileno (ρ : 1620 Kg/m³)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os diâmetros dos tubos 1 (PVC) e 2 (aço inox) de 16,5 mm e 16,2 mm respectivamente, e levando em conta que ambos os tubos possuem o mesmo comprimento de 0,5 m e a rugosidades do PVC e Aço inox são 0 e 0,002 mm respectivamente.

Dando sequência aos cálculos, para a perda de carga teórica, leva-se em conta que a vazão do fluido é correspondente a multiplicação entre a velocidade do fluido e a área da tubulação. Assim com os dados do diâmetro dos tubos e vazões empregues no dado experimento possibilitam a determinação das velocidades do fluido. Com os valores de Reynolds e auxílio do diagrama de *Moody* determina-se o valor do fator de atrito (f) necessário ao cálculo da perda de carga teórica.

Os valores das perdas de cargas distribuídas (h_D) tanto teóricas como experimentais estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. h_D Teórico e experimental

Tubo	Material	Vazão (L.min ⁻¹)	h_D Teórico (m)	h_D Experimental (m)
1	PVC	12	0,040	0,049
		4	0,005	0,007
2	Aço Inox	5	0,009	0,010
		9	0,025	0,031

(Fonte: o Autor)

Com os dados apresentados na tabela 1, pode-se determinar o erro experimental entre os valores teóricos esperados e experimentais obtidos no experimento. Para o tubo de PVC com vazões de 12 L.min⁻¹ e 4 L.min⁻¹ encontram-se os erros de 22% e 40% respectivamente, já para os tubos de aço inox com vazões de 5 L.min⁻¹ e 9 L.min⁻¹ encontram-se os erros de 11% e 24% respectivamente. Como apresentado os valores de erro para o tubo de PVC foram maiores em comparação ao tubo de aço inox. As perdas de carga para todo o experimento seguiram proporcionais a vazão, com o aumento da vazão houve um acréscimo na perda de carga distribuída, não tendo assim grandes discrepâncias. Teoricamente com o aumento da rugosidade há um aumento da perda de carga, porém o material que apresentou a maior perda de carga foi o PVC que poderia ser explicado pelo



fato do PVC não ser um material resistente e sofrer degradação com o uso, assim adquirindo a rugosidade que não há em valores teóricos. Além disso quanto maior a vazão, maior será turbulência no fluido no tubo resultando no aumento da perda de carga.

4 CONCLUSÃO

Apresentados os devidos cálculos, as perdas de carga experimentais encontradas para o tubo de PVC nas vazões de $12 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e $4 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ foram de 0,049 m e 0,007 m respectivamente, já para o tubo de aço inox nas vazões de $5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e $9 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ foram 0,010 m e 0,031 m respectivamente. A diferença entre os materiais é melhor representada pelo erro, entre os valores teóricos e experimentais para a perda de carga, sendo o maior valor de erro encontrado de 40% para o tubo PVC, essa diferença tem consequência do PVC ser teoricamente um material liso e ter rugosidade igual a zero, onde o fluido escoaria com facilidade distanciando-se mais dos valores experimentais, nos quais o material PVC sofre degradação com o tempo e adquire certa rugosidade, já o tubo de aço inox ter uma rugosidade maior assim dissipando de uma forma mais efetiva a energia ao fluido. Assim fica claramente exibida a influência da rugosidade do material sobre o escoamento de um fluido, além disso discrepâncias nos valores de erro podem ser justificadas por má aferição ou calibração do equipamento utilizado em questão. Além de que o diagrama de *Moody* utilizado em questão tem sua aferição do fator de atrito de maneira visual, podendo ocasionar erros em sua determinação.

NOMENCLATURA

ΔP	Variação da pressão	Pa
v	Velocidade do fluido	[m/s]
Re	Número de Reynolds	[-]
Q	Vazão volumétrica	[m ³ /s]
f	Fator de atrito	[-]
ΔP	Pressão	[kPa]
h_D	Perda de carga distribuída	[m]
μ	Viscosidade dinâmica	[Kg/m.s]
ρ	Massa específica	[Kg/m ³]
h	Altura	[m]
L	Comprimento do tubo	[m]
D	Diâmetro do tubo	[m]
g	Aceleração gravitacional	[m/s ²]

REFERÊNCIAS

FOX, Robert W.; McDonald, Alan T. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

ÇENGEL, Yunus A.; CİMBALA, John M. **Mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações**. São Paulo: McGraw – Hill, 2007.



AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE FILMES BIODEGRADÁVEIS UTILIZANDO AMIDO EXTRAÍDO DO MILHO

Danieli Emmel Becker^{1,*}, 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

*danieliebecker@aluno.santoangelo.uri.br

Área do Trabalho: Ciência e Engenharia dos Materiais.

RESUMO

Os polímeros são muito utilizados em nosso cotidiano, no entanto, o descarte destes materiais não é realizado corretamente, ocasionando problemas ambientais. A maioria dos polímeros, utilizados são advindos de fontes não renováveis, que precisam de muito tempo para se degradar. Nesse contexto, surgiram os polímeros biodegradáveis que são materiais que se degradam em pouco tempo, por meio da ação de microrganismos, além de utilizarem matérias-primas de fontes renováveis, como o amido. O amido apresenta propriedades de segurança fisiológica, biodegradabilidade e grande abundância por ser a principal substância de reserva em plantas, como o milho. O milho é um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos em todo o mundo. Nesse contexto, este trabalho tem o propósito de obter um polímero biodegradável a partir do amido de milho. Para tanto, confeccionaram-se soluções filmogênicas com diferentes percentagens de amido, glicerol; seguido da secagem em placas de Petri; e enfim a realizou-se a análise subjetiva e os ensaios de tração dos filmes. Em meio aos testes realizados, constatou-se que é possível produzir biofilmes a partir do amido do milho, sendo que os filmes apresentaram as melhores características, foram encontradas no teste 6, que é composto por 30% de glicerol, 5% de amido, e que apresentou o menor desvio padrão em relação a tensão de ruptura.

Palavras-chave: *polímeros, biodegradabilidade, biofilmes, resistência.*

1 INTRODUÇÃO

Os polímeros são muito utilizados em nosso cotidiano, especialmente em forma de produtos plásticos como: utensílios domésticos, embalagens, produtos de decoração e peças de uso geral. No entanto, muitas vezes o descarte destes materiais não é realizado corretamente, ocasionando problemas ambientais como: a poluição de rios, mares e solos, e prejudicando animais aquáticos. A maioria dos polímeros, são advindos de fontes não renováveis, ou seja, de fonte fóssil como o petróleo, que precisam de muito tempo para se degradar (MICHAELI; DIHLMANN, 1995).

Em meio isso surgiram os polímeros biodegradáveis que são materiais nos quais a degradação ocorre, completamente, por meio da ação de microrganismos, tais como fungos, bactérias e algas, e assim, se tornaram uma alternativa viável para acelerar o processo de degradação de materiais poliméricos (ASTM, 1999). Os materiais biodegradáveis são amistosos ao meio ambiente, pois se degradam em um curto espaço de tempo e utilizam matérias-primas de fontes renováveis (AVÉROUS; POLLET, 2011; KAPLAN, 2013).

Dentre as matérias-primas de fontes renováveis tem-se o amido que vem sendo utilizado para a obtenção de polímeros biodegradáveis, devido a seu baixo custo e grande disponibilidade (SIRACUSA *et al*, 2008). Os amidos ($[C_6H_{10}O_5]_n$) são polissacarídeos que, dentro das inúmeras

aplicações, apresentam propriedades de segurança fisiológica, biodegradabilidade e grande abundância por serem a principal substância de reserva em plantas, como a batata, o milho, o trigo, a mandioca, o arroz e o feijão (WEBWE; COLLARES-QUEIROZ; CHANG, 2009).

Nesse contexto, este trabalho tem como propósito obter um polímero biodegradável a partir do amido de milho, com intuito de reduzir o volume de resíduos plásticos em aterros sanitários e facilitar a sua degradabilidade. Bem como, analisar os filmes poliméricos obtidos por meio de análise subjetiva, de espessura e resistência.

2 MATERIAL E MÉTODO

A fim de se obter um polímero biodegradável, inicialmente prepararam-se as soluções filmogênicas em um béquer, conforme o Quadro 1 – sendo a percentagem de amido relacionada à quantidade de água e à de glicerol dependente da massa de amido. Após a mistura dos componentes, as soluções foram colocadas em banho maria durante 15 minutos, com temperatura entre 70 e 90 °C. Em seguida, transferiu-se cada solução para cinco placas de Petri – revestidas com papel *contact* –, as quais possuíam massas de 25, 30, 35, 40 e 45 g, respectivamente.

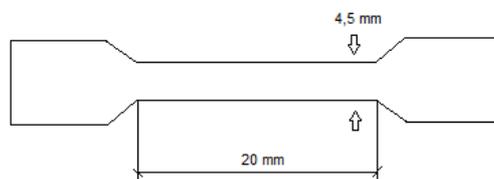
Quadro 1. Dados para a preparação das soluções filmogênicas.

Testes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Amido (%)	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7
Glicerol (%)	20				30				40			
Água (mL)	100											
Sorbato de Potássio (g)	0,5											

(Fonte: os Autores).

Após, o conjunto das placas de Petri e soluções, foi seco em estufa, com temperatura de 40 °C, durante 24 horas. Depois da confecção dos biofilmes, realizou-se a análise subjetiva dos mesmos, onde que os possuíam o melhor aspecto e menores imperfeições, seguiram para o ensaio mecânico de tração, na máquina universal de ensaios com célula de carga com 2 kN e velocidade de 5 mm/min. Os ensaios de tração foram adaptações da norma ASTM D638, sendo que os corpos de prova utilizados seguem as medidas da Figura 1.

Figura 1. Ilustração das medidas e formato do corpo de prova utilizado nos ensaios de tração.



(Fonte: os Autores).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois da realização da parte experimental, obtiveram-se os biofilmes que podem ser visualizados no Quadro 2, os mesmos passaram por uma análise subjetiva de aparência e coloração, maleabilidade aparente, e rachaduras ocorridas, onde definiu-se que os testes 1, 2, 4, 5, 6, 9 e 10 apresentaram as melhores características. Também, verificou-se que as placas com 45 g apresentaram deformações, quebras, e a coloração bem amarelada, sendo que devido a acentuada variação dos filmes obtidos nesse teste, a massa de 45 g foi excluída dos testes posteriores.

Quadro 2. Biofilmes de amido de milho obtidos experimentalmente.

	Massa nas placas de Petri (g)				
	25	30	35	40	45
Teste 1					
Teste 2					
Teste 3					
Teste 4					
Teste 5					
Teste 6					
Teste 7					
Teste 8					
Teste 9					
Teste 10					
Teste 11					
Teste 12					

(Fonte: os Autores).

Ainda, realizou-se o teste de tração com os biofilmes que apresentaram as melhores características na análise subjetiva, sendo que os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 1. No qual, verificou-se que os biofilmes dos testes 1, 2 e 4 apresentaram a maiores valores de resistência a tração, ou seja, os filmes com 20% de glicerol e 4, 5 e 7% de amido, respectivamente. Contudo, ao verificar o desvio padrão de cada teste os experimentos 6, 9 e 10 demonstraram as menores variações, para baixo ou para cima quanto a tensão de ruptura. Dessa forma, identificou-se que a composição ótima obtida para os biofilmes foi a do teste 6, ou seja, que possui 30% de glicerol e 5% de amido, e que teve o menor desvio padrão nas tensões de ruptura.



O comportamento do glicerol é explicado, de acordo com Corradini *et al* (2007), pois na adição de glicerol acima de 30% ocorreu uma plastificação mais intensa e a diminuição das forças intermoleculares entre as cadeias de amido, o que fazendo com que o material se rompesse mais facilmente. Já o material com menos que 30% de glicerol apresentou plasticidade heterogênea, porque mesmo tendo um maior valor alto para a tensão de ruptura, seu desvio padrão foi muito elevado.

Tabela 1. Resultados experimentais de tensão nos biofilmes com as melhores características subjetivas.

	Tensão (MPa)				Desvio Padrão
	25 g	30 g	35 g	40 g	
Teste 1	2,22	1,11	1,11	1,48	± 0,523783
Teste 2	1,11	1,78	1,78	1,11	± 0,384900
Teste 4	1,11	1,78	0,68	1,23	± 0,450708
Teste 5	1,48	0,88	0,49	0,44	± 0,479419
Teste 6	0,74	0,88	1,11	0,59	± 0,221191
Teste 9	0,88	0,88	0,74	0,37	± 0,244744
Teste 10	0,63	0,88	0,44	0,34	± 0,240472

(Fonte: os Autores).

4 CONCLUSÃO

Com base nos testes realizados, constatou-se que é possível produzir biofilmes a partir do amido do milho, onde o filme que apresentou as melhores características subjetivas e de tração foi o obtido no teste 6, composto por 30% de glicerol e 5% de amido, sendo que o teste de tração pode ter sido influenciado pelas diferentes massas em cada filme de mesma composição. Além disso, verificou-se que o amido ajudou na incorporação da amostra e o glicerol funcionou como plastificante. Também, pode-se perceber que os experimentos se sucederam com sucesso, uma vez que foi possível obter filmes biodegradáveis com certa resistência, maleabilidade, e aparência próxima aos filmes comerciais, em alguns casos.

REFERÊNCIAS

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-6400-99**: Standard Specification for Compostable Plastics. ASTM D6400-04. Standard Specification for Compostable Plastics.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM D 638 "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, 2014.

AVÉROUS, L.; POLLET, E. Environmental Silicate Nano-Biocomposites. 2011.

CORRADINI, E. *et al*. Amido Termoplástico. **Embrapa publicações**. São Paulo: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007, 27 p.

KAPLAN, D. L. **Biopolymers from Renewable Resources**. 2013.

MICHAELI, W.; DIHLMANN, C. **Tecnologia dos plásticos**: livro texto e de exercícios. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.



SIRACUSA, V. *et al.* Biodegradable polymers for food packaging: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 19, n. 12, p.634-643, 2008.

WEBWE, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 29. p. 748-753, 2009.



AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ADSORTIVO DO BAGAÇO DE GUABIROBA MODIFICADO NA REMOÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO

Taynan José Bender^{1,*}, Daniel M. Fernandes¹, Suelly Ribeiro Hollas¹, William de Avila Cruz¹, Isaac dos Santos Nunes¹

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

*taynanjbender@aluno.santoangelo.uri.br

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

A utilização de adsorvente proveniente do resíduo da guabiroba para o tratamento de efluentes representa uma questão de interesse tanto na expectativa econômica quanto ambiental, uma vez que o material é de baixo custo, renovável e abundante na região sul do Brasil. Neste trabalho foram avaliados a cinética e o equilíbrio de adsorção do corante azul de metileno em adsorvente feito a partir do bagaço de guabiroba tratado com NaOH, estudando a influência do pH, em ensaios com diferentes massas. As melhores remoções foram obtidas com o pH ajustado em 4,0, devido à interação eletrostática entre o adsorbato e o adsorvente. As massas de 0,05 e 0,1 g de adsorvente, tiveram capacidade adsortiva de 32,11 e 16,06 mg g⁻¹, respectivamente, e com remoção máxima de 80,3%, sendo uma alternativa favorável em aplicação industrial.

Palavras-chave: *adsorção, corante azul de metileno, bagaço de guabiroba modificado.*

1 INTRODUÇÃO

Nas décadas atuais, um enorme problema ambiental é a geração de grandes quantidades de resíduos líquidos e que são descartados de maneira inapropriada, devido à falta de gerenciamento. Dentre estes resíduos, pode-se destacar os corantes utilizados em indústrias têxteis, tintas e plásticos, que geram uma grande quantidade de efluentes, e sem um tratamento necessário, podem prejudicar o meio ambiente e a saúde humana (CAMPOS *et al.*, 2018).

Os corantes são em sua maioria prejudiciais, não só aos cursos d'água, onde podem ocasionar a morte e o atraso na regeneração de organismos aquáticos (ECODEBATE, 2012), como também às populações atingidas pelas águas contaminadas, tendo em vista o caráter cancerígeno de muitos dos corantes têxteis utilizados (DOTTO *et al.*, 2015).

Uma alternativa viável de tratamento é através da operação unitária de adsorção, um processo de separação que ganha destaque pela elevada taxa de remoção e seu baixo custo operacional e pela sua alta performance no tratamento de efluentes industriais (ROBINSON *et al.*, 2001).

Em países tropicais, por exemplo, é produzido uma variedade de produtos e subprodutos agroindustriais (SCHEUFELE *et al.*, 2016). Na região sul do Brasil, um fruto muito atrativo é a guabiroba, ao qual seu bagaço pode se destacar como uma opção de bioadsorvente, por ser um material de baixo custo e renovável.



O objetivo deste trabalho foi estudar o bagaço de guabiroba (BG) tratada com NaOH, como adsorvente para a remoção do corante azul de metileno em soluções aquosas, avaliando a influência do pH, e a cinética de diferentes dosagens da biomassa (0,05; 0,10; 0,15; e 0,25 g) na concentração de 100 mg L⁻¹ do corante em estudo.

2 MATERIAL E MÉTODO

O tratamento em meio básico foi realizado com agitação da biomassa BG em solução de NaOH 1 M na proporção de 1 g para 10 mL, por um tempo de 1 h, logo após foi filtrado e seco em estufa a 60 °C por 24 h.

As soluções de corante AM foram obtidas a partir da diluição de uma solução estoque (1 g L⁻¹). Os experimentos de adsorção foram realizados em um agitador com rotação de 180 rpm.

Primeiramente investigou-se o efeito do pH colocando-se nove erlenmeyers cada uma com faixa de pH, de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10, ajustado com soluções de 0,1 M de NaOH e de HCl, com 20 mL de solução na concentração inicial do corante de 20 mg L⁻¹ e tempo de contato de 2 h, com 0,02 g da biomassa BG modificado em cada Erlenmeyer.

Os ensaios de adsorção foram realizados variando-se massas adsorventes de 0,05; 0,10; 0,15; e 0,25 g em 20 mL de solução do corante AM, porém na melhor faixa de pH, que foi 5, variando o tempo nos seguintes intervalos: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 45, 60, 90 e 120 min, na concentração de 100 mg L⁻¹. Para todos os experimentos, a leitura da absorbância foi realizada com auxílio do espectrofotômetro UV/Vis, utilizando o comprimento de onda de 664 nm. A capacidade de adsorção no tempo (q_t), em mg g⁻¹, e a porcentagem de remoção foram calculadas pelas Equações 1 e 2, respectivamente:

$$q_t = \frac{(C_o - C_t)}{m} \times V \quad \text{Equação 1}$$

$$\eta = \frac{(C_o - C_t)}{C_o} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

sendo, C_o e C_t as concentrações de corante no início e no tempo t , respectivamente, m a massa de adsorvente e V o volume de solução.

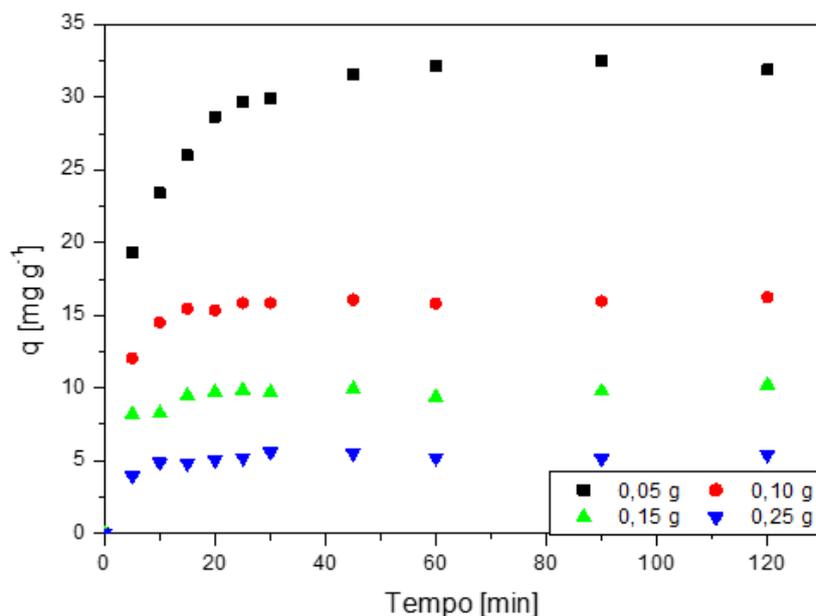
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A influência do pH é um fator que auxilia na melhor condição de adsorção entre o adsorvente e o adsorbato. Segundo Luna *et al.* (2017), para que o processo de adsorção seja favorável, é essencial a interação eletrostática entre o adsorbato e o adsorvente. Além disso, o pH inicial da solução pode influenciar significativamente a carga superficial do material adsorvente e, como consequência, a capacidade de adsorção (TAGAVIFAR *et al.*, 2017).

Por isso, é importante determinar o pH da solução utilizado no processo, visando-se encontrar o pH ideal para realização dos ensaios cinéticos. Neste sentido, determinou-se o pH da solução utilizado no presente trabalho, encontrando-se o valor de 4. E todas soluções de AM utilizados nos ensaios cinéticos com BG modificado foram ajustados neste pH.

A Figura 1 apresenta os resultados dos ensaios de adsorção para a concentração inicial de 100 mg L^{-1} de corante AM com massas 0,05; 0,10; 0,15; e 0,25 g de BG modificado.

Figura 1. Curva cinética processo de adsorção do corante AM utilizando BG modificado em diferentes dosagens adsorventes.



(Fonte: o Autor)

Pode-se observar na Figura 1 que, para 0,05 g de BG modificado, a capacidade adsorptiva obtida foi de $32,11 \text{ mg g}^{-1}$ e o tempo necessário para atingir o equilíbrio foi de 60 min, com uma eficiência de remoção de 80,3%. Já para a massa de 0,1 g de BG modificado, obteve-se uma capacidade adsorptiva de $16,06 \text{ mg g}^{-1}$, necessitando 45 min até que o equilíbrio fosse atingido, com uma eficiência de remoção de 80,3%. Com a massa de 0,15 g, com tempo de equilíbrio 45 min, e remoção de 74,6%, com capacidade adsorptiva de $9,95 \text{ mg g}^{-1}$. Aumentando a massa de BG modificado para 0,25 g, a capacidade adsorptiva observada foi de $5,61 \text{ mg g}^{-1}$ e o tempo necessário para que o equilíbrio fosse atingido foi de 30 min, com remoção de 70,1%.

Com os resultados apresentados na Figura 1, pode-se perceber que o aumento da massa diminuiu o tempo de equilíbrio necessário para a operação. De acordo com Ofomaja (2008), em grande parte dos casos a remoção aumenta como aumento de massa de adsorvente, devido a maiores áreas superficiais disponíveis na adsorção. Entretanto, neste presente trabalho não ocorreu isso, porque as massas de 0,05 e 0,1 g de BG tiveram aproximadamente 80% de remoção, já as dosagens maiores não se obteve este mesmo rendimento. Isso se justifica ao fato de que o volume de corante dentro do Erlenmeyer ser pequeno comparado à dosagem, ocasionando uma saturação dos mesmos.

Aproveitar o resíduo como adsorvente é uma alternativa inteligente de reduzir concentrações de contaminantes presentes de meios aquáticos, poucos trabalhos foram desenvolvidos com bagaço de guabioba se tornando assim uma opção. Por exemplo, Souza *et al.* (2018) utilizaram resíduo de acerola para remoção de contaminante gasolina presentes em corpos d'água, e conseguiu eficiência de 80% com capacidade adsorptiva de $7,9 \text{ mg g}^{-1}$ em tempo de equilíbrio de 5 min. Já Machry *et al.* (2016) empregaram resíduo de cervejaria na remoção de AM, e obtiveram uma eficiência de 95%,



com apenas 1 g de bagaço de malte *in natura*. Isso mostra a eficiência em usar bagaços em tratamento de efluentes.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou resultados favoráveis quanto ao desempenho do BG modificado com NaOH na adsorção do corante azul de metileno. Em relação à influência do pH, o melhor ponto encontrado foi com valor de pH igual a 4,0. Com as curvas cinéticas, foi observado que as menores massas, de 0,05 e 0,1 g, os melhores resultados de eficiência de remoção foram 80,3%, com capacidade adsorptiva de 32,11 e 16,06 mg g⁻¹, respectivamente.

NOMENCLATURA

BG	Bagaço de guabiroba	[-]
AM	Azul de metileno	[-]
q_t	Capacidade de adsorção	[mg g ⁻¹]
C_o	Concentração inicial	[mg L ⁻¹]
C_t	Concentração com o tempo	[mg L ⁻¹]
V	Volume da solução de efluente sintético	[L]
m	massa	[g]
η	Eficiência de remoção do corante	[%]

REFERÊNCIAS

DOTTO, G.L.; SANTOS, J.M.N.; RODRIGUES, I.L.; ROSA, R.; PAVAN, F.A.; LIMA, E.C. **Journal of Colloid and Interface Science**. v. 446. p. 133-140. 2015.

LUNA, M. D. G.; *et al.* Removal of sodium diclofenac from aqueous solution by adsorbents derived from cocoa pod husks. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, n. 5, p. 1465-1474, 2017.

MACHRY, K.; KROLOW, P.; DE ZORZI, B.; MOURA, C. M.; OLIVEIRA, E. G.; ROSA, G. S. Utilização de Resíduo da Indústria Cervejeira na Adsorção do Corante Azul de Metileno. 2018. **12º Encontro Brasileiro de Adsorção - EBA**. Gramado/RS, 2018.

OFOMAJA, Augustine E.; HO, Yuh-Shan. Effect of temperatures and pH on methylviolet biosorption by *Mansonia wood* sawdust. **Bioresource technology**. v. 99, n.13, p. 5411-5417, 2008.

ROBINSON, T.; CHANDRAN, B.; NIGAM, P. **Water Research**, v. 36, p.2824-2830. 2002.

SCHEUFELE, B. F.; MÓDENES, N. A.; BORBA, E. C.; RIBEIRO, C.; ESPINOZAQUINÕNES, R. F.; BERGAMASCO, R.; PEREIRA, C. N. **Chemical Engineering Journal**, v. 284. p.1328-1341. 2016.

SOUZA, E. S.; AMORIM, F. V.; SILVA, V. L. M. de M.; LUIZ, M. R.; SOUZA, E. S. Avaliação aa viabilidade do Resíduo de Acerola para Remoção de contaminante Gasolina presentes em Corpos D'Água. 2018. **12º Encontro Brasileiro de Adsorção - EBA**. Gramado/RS, 2018.



CAMPOS, N. F.; SILVA, G. S.; SANTANA, R. M. R.; NAPOLEÃO, D. C. Remoção do Corante Remazol Vermelho RB utilizando Casca de Amendoim como Adsorvente. 2018. **12º Encontro Brasileiro de Adsorção - EBA**. Gramado/RS, 2018.

TAGAVIFAR, M. *et al.* **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, 2017.



AVALIAÇÃO FLUIDODINÂMICA DE GÁS-AREIA EM LEITO FLUIDIZADO DE BANCADA

Gabriele Kuhn Dupont^{1,*}, Júlia Cristina Diel¹, Cláudia Luisa Hahn¹, Keli Taís Sallet¹, Isaac dos Santos Nunes¹

¹Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus de Cerro Largo, Programa de Pós-graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis

²Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*gabi-dupont@hotmail.com

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

Os leitos fluidizados são alternativas promissoras em sistemas de contato gás-sólido, sendo empregados constantemente em indústrias. Para isso, ensaios fluidodinâmicos são realizados para obtenção de dados experimentais de queda de pressão, para determinação da eficiência do processo. Neste sentido, avaliou-se a queda de pressão de um leito composto por partículas de areia em diferentes temperaturas de operação, construindo-se a curva de fluidização, ΔP versus v , sendo possível identificar os estágios de fluidização do sistema. O comportamento da fase particulada fluidizada foi enquadrado no grupo B de acordo com a proposta de Geldart, o qual indica que leitos fluidizados compostos por essas partículas não apresentarão expansão significativa do leito na velocidade de mínima fluidização. Para a velocidade de mínima fluidização, encontrou-se $0,60 \pm 0,02 \text{ m.s}^{-1}$ e, para a velocidade terminal, $2,07 \pm 0,03 \text{ m.s}^{-1}$. Diante disso, verificou-se que não houve influência significativa da temperatura na obtenção da velocidade de mínima fluidização e terminal.

Palavras-chave: leito fluidizado, curva de fluidização, velocidade de mínima fluidização, velocidade terminal.

1 INTRODUÇÃO

As dinâmicas que ocorrem em sistemas de leito fluidizados têm influenciado diversas pesquisas durante os últimos anos, para entender as complexas interações entre fluidos e partículas. Em um leito de partículas sólidas, a fluidização é atingida quando os sólidos entram em contato com um gás, um líquido ou com ambos, contraindo o comportamento de fluido (SCHAFFKA, 2017).

Segundo Costa (2010), a fluidização é uma operação unitária, pela qual um leito de partículas é suspenso ou agitado por uma corrente ascendente de fluido, movimentando de forma aleatória as partículas. A fluidização ocorre quando o sistema alcança uma determinada velocidade do fluido e a diferença de pressão no leito permanece constante. Os leitos fluidizados, em conformidade com Colman *et al.* (2015), são utilizados principalmente para secagem de grãos ou partículas, por apresentarem uma tecnologia de secagem rápida, devido à ampla área de contato do produto com o ar. Ainda, a fluidização inicia quando a velocidade do fluido é suficiente para manter o particulado em suspensão, chamado de estado de mínima fluidização (CREMASCO, 2012).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar ensaios em um leito fluidizado empregando areia para obter as velocidades de escoamento do gás de alimentação, desejando-se



analisar o efeito da queda de pressão na expansão do leito por meio da construção de uma curva de fluidização. Além disso, objetivou-se avaliar a velocidade de mínima fluidização e velocidade terminal das partículas, além de classificar o comportamento das partículas de acordo com Geldart.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Ensaios de fluidização e determinação de Vazão volumétrica e velocidade de escoamento

Os ensaios de leito fluidizado foram realizados no módulo didático de “Secagem Leito Fixo-Fluidizado” (EcoEducativo), empregando-se areia como fase particulada e ar seco como fase fluida. Realizaram-se leituras de variação de altura manométrica do leito e altura manométrica da placa de orifício, até atingir-se a velocidade máxima. O procedimento repetiu-se para cada uma das temperaturas definidas: 23,7, 40, 50, 59,2 e 60° C. Para determinação de vazão (Q), velocidade de escoamento (v), e área do leito (A_{leito}), empregaram-se as Equações 1, 2 e 3. respectivamente.

$$Q = 0,0032 \left(\sqrt{\Delta h_{placa}} \right) - 0,0018 \quad \text{Equação 1}$$

$$v = \frac{Q}{A_{leito}} \quad \text{Equação 2}$$

$$A_{leito} = \frac{\pi D_{leito}^2}{4} \quad \text{Equação 3}$$

2.2 Curva de fluidização e classificação de Geldart

Para construir a curva de fluidização, determinou-se a variação de pressão (ΔP), pela Equação 4. Além disso, determinou-se a classificação de Geldart, aplicando-se a Equação 5 (GELDART,1986).

$$\Delta P = \rho \times g \times \Delta h_{leito} \quad \text{Equação 4}$$

$$D_p = \frac{D_{(-)} + D_{(+)}}{2} \quad \text{Equação 5}$$

2.3 Velocidade de mínima fluidização e velocidade terminal.

A velocidade de mínima fluidização (v_{mf}) foi encontrada por meio da Equação 6 e 7 e, para encontrar a velocidade terminal (u_T), aplicaram-se as Equações Equação 8, 9 e 10.

$$g(\rho_p - \rho) = \frac{150 \mu v_{mf}}{D_p \phi^2} \times \frac{(1 - \epsilon_{mf})}{\epsilon_{mf}^3} + \frac{1,75 v_{mf}^2 \rho}{D_p \phi \epsilon_{mf}^3} \quad \text{Equação 6}$$

$$\phi = \frac{D_p}{d_p} (1 - \epsilon_{mf}) (1 - \epsilon) \quad \text{Equação 7}$$

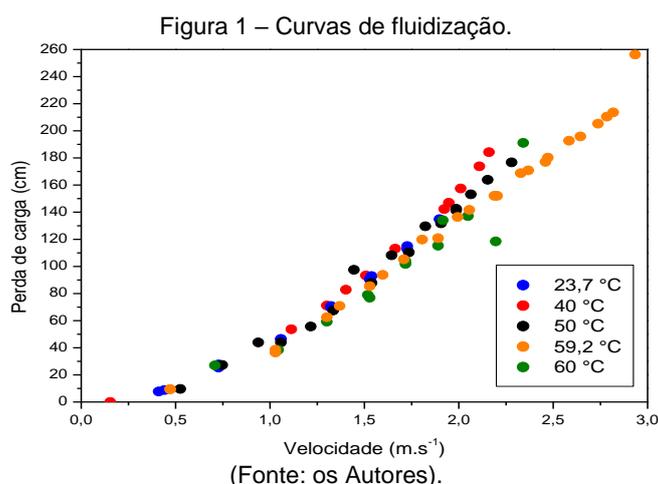
$$C_D Re_p^2 = \frac{4 \rho (\rho_s - \rho) a D_p^3}{3 \mu^2} \quad \text{Equação 8}$$

$$Re_p = \left[\left(\frac{K_1 C_D Re_p^2}{24} \right)^{-n} + \left(\frac{C_D Re_p^2}{K_2} \right)^{-n/2} \right]^{-1/n} \quad \text{Equação 9}$$

$$Re_p = \frac{\rho u_T D_p}{\mu} \quad \text{Equação 10}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de fluidização encontram-se ilustradas pela Figura 1, as quais apresentaram para todas as temperaturas, características semelhantes, pois com o aumento da vazão de ar observou-se uma crescente variação na perda de carga, principalmente no início dos ensaios. Ainda, pode-se observar que a perda de carga aumenta proporcionalmente com o aumento da velocidade do ar para o regime de leito fixo, até que o regime de fluidização se estabeleça, e que a partir do início da fluidização, o aumento na velocidade do ar acarreta pequenas alterações na perda de carga. Considerações similares foram observadas por Freitas *et al.* (2015). Ainda, pode-se dizer que a expansão do leito sucedeu-se para todas as temperaturas no início de cada ensaio, com pouca variação nos resultados encontrados, o que indica que mesmo com diferentes temperaturas, este não foi um parâmetro que influenciou significativamente nos experimentos. COSTA (2005), encontrou resultado semelhante a este trabalho, com v_{mf} de $0,60 \text{ m.s}^{-1}$, utilizando de 2 kg de areia de fundição no leito fluidizado. Para u_T encontrou-se uma média de $2,07 \text{ m.s}^{-1}$ com desvio padrão de $\pm 0,03$. Do mesmo modo, os valores não variaram muito com a alteração da temperatura, encontrando-se também em conformidade com a literatura de Kunni e Levenspiel (1991), que afirmam que a u_T deve ser superior a v_{mf} . Em relação a classificação de Geldart, esta foi do grupo B, caracterizada como fluidização borbulhante, resultado semelhante ao de Freitas *et al.* (2015).



4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo a partir das curvas fluidodinâmicas para todas as temperaturas de operação definidas, apontaram que a perda de carga aumentou proporcionalmente ao aumento da velocidade do ar para o regime de leito fixo, até que o regime de fluidização estivesse



estabelecido. Ainda, verificou-se que os valores de velocidade terminal foram superiores aos de mínima fluidização, em conformidade com o proposto pela literatura e, que identificou-se que a fase particulada empregada correspondeu ao grupo B da classificação proposta por Geldart.

NOMENCLATURA

Q	Vazão volumétrica	$[m^3.s^{-1}]$
Δh_{placa}	Varição de altura da placa de orifício	$[mm]$
v	Velocidade de escoamento	$[mm]$
D_{leito}	Diâmetro do leito	$[m]$
A_{leito}	Área do leito	$[m^2]$
D_p	Diâmetro de partícula	$[m]$
$D_{(-)} e D_{(+)}$	Diâmetro da peneira passante e retida	$[m]$
ΔP	Varição de pressão	$[Pa]$
ρ	Massa específica do ar	$[Kg.m^{-3}]$
Δh_{leito}	Varição de altura do leito de partículas	$[mm]$
ρ_p	Massa específica da partícula (areia)	$[Kg.m^{-3}]$
μ	Viscosidade dinâmica	$[kg.m^{-1}.s^{-1}]$
v_{mf}	Velocidade de mínima fluidização	$[m.s^{-1}]$
ϕ	Esfericidade	$[-]$
ε_{mf}	Porosidade de mínima fluidização	$[-]$
H	Altura inicial do leito	$[cm]$
H_{mf}	Altura de mínima fluidização	$[cm]$
ε	Porosidade	$[-]$
$C_D Re_p^2$	Grupo adimensional	$[-]$
a	Aceleração gravitacional	$[-]$
Re_p	Reynolds de partícula	$[-]$
n	Constante adimensional	$[-]$
u_T	Velocidade terminal	$[m.s^{-1}]$

REFERÊNCIAS

COLMAN, C. F.; ALBA, M. J.; PARAÍSO, P. R.; COSTA, A. M. S.; JORGE, L. M. M. **Estudo numérico de um leito fluidizado borbulhante utilizando um código combinado cfd-dem**. In: XXXVII ENEMP, Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, São Carlos, 2015.

COSTA, C. M. L. **Caracterização e análise experimental do recobrimento de sementes de jambu (*spilanthus oleracea*) em leito fluidizado**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Campinas, 2010.

COSTA, M. C. D. **Emissões poluentes na combustão em leitos fluidizados de carvão mineral**. 114 p. Tese (Doutorado de Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2005.

CREMASCO, M. A. **Operações Unitárias em sistemas particulados e fluidodinâmicos**. São Paulo: Blucher, 2012.



FREITAS, T. M.; PEREIRA, P. G.; BACELOS, M. S. **Fluidodinâmica de partículas de PEBD/AL e areia em leito fluidizado**. In: XXXVII ENEMP Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, São Carlos, 2015.

GELDART, D. **From minimum fluidization to pneumatic transport: a critical review of hydrodynamics**. *Circulation Fluidized Bed Technology*. Oxford: Pergamon Press, p. 21-31, 1986.

SCHAFFKA, F. T. S. **Análise fluidodinâmica e térmica do processo de secagem de suspensão diluída em leito fluidizado**. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.



CALIBRAÇÃO DO SENSOR DS18B20 EM RELAÇÃO A TEMPERATURA

Caroline Camargo Dahmer^{1*}, Mirela Araujo Reis¹, Paula Gabriela Dalla porta¹, Lissandra Momm dos Santos¹, 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

*caroline.dahmer@outlook.com

Área do Trabalho: Modelagem, Simulação, Controle e Instrumentação de Processos.

RESUMO

Desde o início do projeto do arduíno em 2005, foram vendidos mais de 500 mil placas em todo o mundo e cada vez mais pessoas percebem o seu potencial. A maior vantagem do arduíno em relação as outras plataformas é a sua facilidade de utilização permitindo que pessoas que não sejam de áreas técnicas aprendam o básico em um curto período de tempo. Pode ser conectado a LEDs, displays, interruptores, motores, sensores de temperatura, sensores de pressão sensores de distância, entre outros, possibilitando a medição para a solução do problema que se deseja solucionar. Neste trabalho, foram apresentados dados do sensor DS18B20, para a aferição de temperaturas, observando-se que o mesmo apresenta boa calibração no intervalo analisado de 30°C à 50°C, comparando-se com os dados obtidos com os apontados pelo termômetro com precisão de cerca de 99,39%.

Palavras-chave: *arduíno, sensor de temperatura, calibração, termômetro.*

1 INTRODUÇÃO

O arduíno teve início na Itália em 2005, as placas eram vendidas em forma de kit para os alunos. Rapidamente se tornou muito popular quando o grande público percebeu que seu sistema era de fácil utilização, baixo custo e que poderia ser usado em projetos particulares, e uma excelente introdução para produção de micro controladores (EVANS, 2013).

A placa do arduíno é composta por um microprocessador, um cristal ou oscilador sendo este um relógio simples que envia pulsos de tempo em uma frequência especificada, e um regulador linear. Diversos fabricantes têm disponibilizado uma grande quantidade de equipamentos e programas que atendem com a solução com qualidade de diversos problemas. Atualmente há diversas versões do arduíno uma das mais recentes é a uno e ainda versões anteriores como duemilanove, mini, nano e entre outros (McRoberts, 2011).

Por intermédio dos sensores, pode-se fazer a coleta das mais variadas informações, uma delas é o sensor de temperatura, que além de gravar no cartão de memória com os dados de localização a temperatura é lida pelo sensor a cada um segundo com LEDs que exibem se a temperatura está elevada ou baixa (GALANTE, 2014).

Ainda, por meio dos sensores, pode-se coletar-se informações importantes e monitorar diversos equipamentos usados no cultivo ou coleta, sendo possível o gerenciamento do funcionamento de algumas máquinas e equipamentos (ROSÁRIO, 2008).

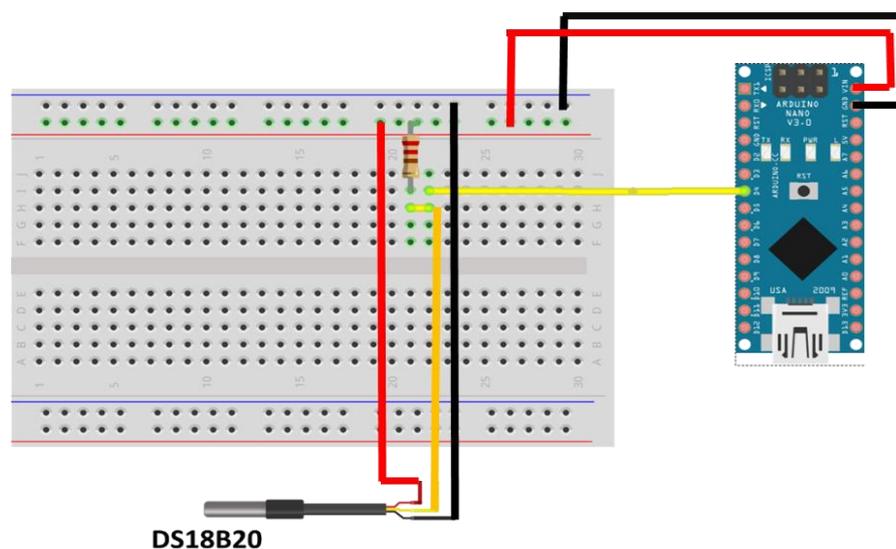
Para este trabalho, efetuou-se a aferição de temperaturas por meio do sensor DS18B20, e comparando-se com os dados obtidos pelo termômetro nas temperaturas de 30°C à 50°C. Em

seqüência, construiu-se as curvas da temperatura do termômetro em relação a temperatura obtida do sensor para a sua relativa comparação.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para a realização dos testes pertinentes, utilizou-se o sensor DS18B20 conectado ao arduino, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1. Organização esquemática da ligação sensor-arduino.



(Fonte: Os Autores).

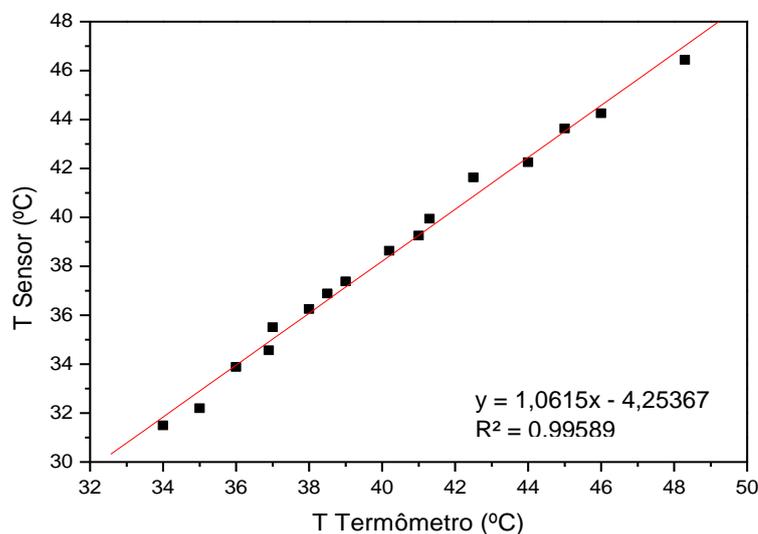
Para realização da calibração do sensor, compararam-se os dados de temperatura de uma amostra de água em aquecimento com os obtidos em leituras do termômetro, o qual tem range de 0 a 100°C. As tomadas de dados foram feitas em intervalos constantes e com os mesmos conseguiu-se determinar o quanto os dados de sensor e termômetro se assemelham.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para realizar o teste de calibração do sensor DS18B20, colocou-se um béquer com água para aquecer em chapa de aquecimento. Imergiu-se na vidraria um termômetro, para controle da temperatura e, concomitantemente o sensor, anotando-se os dados em cada um dos medidores em intervalos constantes, verificando-se a olho nu os dados do termômetro e com o auxílio do Arduino os do sensor utilizado assim construindo-se o gráfico apresentado na Figura 1.



Figura 2. Dados levantados com o uso do termômetro concomitante ao sensor.



(Fonte: Os autores).

Pode-se observar, por meio da equação da reta e do coeficiente de correlação (R^2) que os dados do sensor se ajustam aos dados do termômetro com precisão de 99,6% aproximadamente. Inferindo-se então que o mesmo está com uma calibração excelente. Cabe salientar ainda que o intervalo analisado foi pré-determinado, podendo ser expandido para a obtenção de um resultado de maior confiabilidade.

4 CONCLUSÃO

Em vista dos dados apresentados, infere-se que o sensor DS18B20 é adequado para a aferição de medidas de temperatura. Observa-se ainda que o protótipo construído, apresenta boa calibração para o intervalo analisado, de 30°C à 50°C, ajustando-se aos dados observados no termômetro com precisão de 99,39%.

REFERÊNCIAS

ARDUÍNO (Itália). **Arduíno - Software**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

EVANS, Martin; NOBLE, JOSHUA; HOCHENBAUM, JORDAM. **Arduíno em ação**. São Paulo, 213.

MCROBERTS, M. **Arduíno Básico**. Novatec Editora. São Paulo: Novatec, 2011. ROSÁRIO, J.M. **Princípios de Mecatrônica**. São Paulo, SP. Editora Pearson Prentice Hall, 2008.

GALANTE, A. C.; GARCIA, R. F. **Sistema de aquisição de dados de sensores de baixo custo baseado no arduíno**. Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão – ConBAP 2014. São Paulo, 2014.

McROBERTS, M. **Arduíno Básico**. São Paulo: Editora Novatec Ltda., 2011.



CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO DE PENEIRA GIRATÓRIA PARA SEPARAÇÃO DE IMPUREZAS DE GRÃOS

Viviane Fernanda Piveta^{1,*}, Danieli Emmel Becker¹, Gabriela Benchimol Garcia¹, Suelly Ribeiro Hollas¹, Isaac dos Santos Nunes¹

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: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

O peneiramento é uma operação unitária utilizada para separar componentes de uma mistura entre sólidos, que também se aplica para determinar o diâmetro de partículas. Esta técnica pode ser executada com o auxílio de uma ou várias peneiras, que permitem a separação de impurezas de alguns tipos de grãos, tais como milho e feijão. Estas peneiras podem ser do tipo giratórias, vibratórias e reciprocativas. Devido às dificuldades encontradas na realização da limpeza manual destes grãos, construiu-se um protótipo de peneira giratória, para executar a separação das impurezas de uma forma mais rápida, eficiente e com um baixo custo. A construção desta peneira deu-se com a reutilização de materiais advindos da construção civil (vergalhões, chapas metálicas e barras roscadas), que foram cortados, dobrados e fixados com o auxílio de solda e porcas. A partir dos resultados adquiridos no peneiramento desses grãos, foi possível verificar que este tipo de peneira se demonstrou eficaz na remoção de pequenas impurezas, na qual se obteve uma eficiência de 92,75% e 93,5% para o feijão e o milho, respectivamente.

Palavras-chave: *peneiramento, protótipo, separação de impurezas, grãos.*

1 INTRODUÇÃO

A operação unitária de peneiramento, segundo Matos (2015), é utilizada para separar componentes de uma mistura heterogênea entre sólidos ou determinar o diâmetro de partículas, onde o princípio empregado é o tamanho destas. Esta técnica pode ser realizada usando uma ou várias peneiras, sendo que uma parte do material fica retido nela, e a outra passa, ou seja, é passante. Trata-se, portanto, de um processo do tipo “passa/não passa”, onde as barreiras são fabricadas de fios de malha (CREMASCO, 2014).

Para o peneiramento, podem ser utilizados crivos, grelhas, ou telas, os quais podem estar fixos ou móveis. As peneiras móveis podem ser divididas em: giratórias, vibratórias e reciprocativas (CORREIA, 2018). Quando todas as partículas constituintes de uma amostra apresentam a mesma forma, ou possuem esfericidade perfeita, a classificação por meio da análise granulométrica é simples, pois as aberturas das malhas das peneiras correspondem ao diâmetro mínimo dos grãos retidos e ao diâmetro máximo dos que passam por ela (ARAÚJO, 2001).

A técnica de peneiramento também pode ser uma forma de separar impurezas de sementes, como milho, feijão, amendoim, soja, entre outros. Entretanto, pequenos agricultores, que plantam grãos apenas para o consumo familiar, apresentam dificuldades em relação à limpeza dos mesmos, pois não possuem equipamentos adequados para tal função, ou que possam ser adquiridos por um

preço baixo. Isso resulta, geralmente, em uma separação manual dessas sujidades, o que requer paciência e tempo.

Em meio a isso, e devido à simplicidade de construção e operação, além de seu baixo custo e boa durabilidade, optou-se por construir e avaliar a eficiência de um protótipo de peneira giratória, com funcionamento em batelada. O protótipo será empregado com a finalidade de separar impurezas advindas da colheita de grãos, como o feijão e milho, e também para acelerar e melhorar o processo de separação.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Construção do protótipo

Na construção da peneira giratória de grãos, inicialmente definiu-se aleatoriamente as dimensões da peneira, onde estas seriam de 24 cm de raio e 47 cm de comprimento. Já para o suporte, estipulou-se o comprimento de 54 cm, largura de 50 cm e altura de 40 e 50 cm, a qual proporcionou uma pequena inclinação ao protótipo. A peneira e o suporte foram construídos com materiais reutilizados da construção civil (barras de ferro, vergalhões, chapas metálicas e barras roscadas), além de uma tela com abertura de 4 mm.

Na confecção, contou-se com o auxílio de solda, para a fixação das barras de ferro, uma na outra e junto ao eixo. Também se realizaram cortes, dobras e furos para a união dos ferros. Após montado o equipamento, fez-se uma manivela para auxiliar no giro, e pintou-se a estrutura. Por fim, colocou-se uma tela ao redor e nas laterais da peneira, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1. Protótipo de peneira giratória de grãos.



(Fonte: os Autores).

2.2 Determinação da eficiência do protótipo

Para a determinação da eficiência do protótipo, pesaram-se as sujidades e os grãos separadamente. Após, colocou-se a mistura na peneira giratória, onde realizaram-se diversas rotações, com duração variando entre 1 a 3 minutos, até o momento em que se observou o fim da queda de impurezas. Então, coletou-se as sujidades separadas e pesou-se novamente. Por fim, determinou-se a eficiência do protótipo por meio da Equação 1.

$$\eta = (m_c/m_a) * 100$$

Equação 1

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao término da montagem e acabamento do protótipo, realizaram-se os testes de peneiramento com amostras de feijão e milho. As massas das sujidades obtidas antes e após os testes, bem como os resultados de eficiência da peneira (determinados pela Equação 1) podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados dos testes de peneiramento e eficiência do protótipo.

Amostra	$m_{alimentada}$ [g]	$m_{coletada}$ [g]	η [%]
Feijão	29,38	27,25	92,75
Milho	52,76	49,33	93,50

(Fonte: os Autores).

Com base nos resultados visuais (Figura 2) e de eficiência, pode-se verificar que a peneira giratória é eficaz quando as partículas a serem removidas forem menores que os grãos. Por este motivo, deve-se utilizar a peneira na etapa final da limpeza, após outro processo que possa retirar as impurezas maiores (folhas e cascas), como a separação por ventilação.

Figura 2. Sementes e impurezas separadas após o peneiramento.



(Fonte: os Autores).

Durante a realização dos testes iniciais no protótipo, houve uma grande perda de amostra pelas laterais do equipamento (locais de entrada e saída do material), pela ação da rotação. Isso pôde ser solucionado com a cobertura destes locais usando-se uma tela de abertura menor, que foi posicionada de modo que permitisse a inserção e a retirada dos grãos após o peneiramento.



Para maior praticidade do processo, também poderia ser acoplado um motor de baixa rotação; assim, seria necessário apenas uma pessoa para operar o equipamento. Caso a peneira tivesse um comprimento maior, ainda seria possível colocar duas telas com medidas de abertura diferentes, para se ter uma maior eficácia na remoção das impurezas de grãos com tamanhos distintos.

Apesar das dificuldades encontradas durante a construção do protótipo, foi possível constatar que o mesmo pode ser utilizado para diversos tipos de grãos, trocando-se apenas a tela que encobre a peneira (adaptando-se o tamanho das aberturas conforme as dimensões do material). E que além disso, mostrou-se eficiente, de simples fabricação e baixo custo.

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados do peneiramento, pôde-se verificar que o protótipo é bastante eficaz na remoção de impurezas, quando estas são menores que as partículas de interesse. Além disso, verificou-se uma eficiência de 92,75% e 93,5% no peneiramento das amostras de feijão e milho, respectivamente.

Por fim, é possível afirmar que, apesar das dificuldades encontradas durante a construção do protótipo, conseguiu-se elaborar uma peneira giratória de baixo custo, fabricação simples, e que pode ser utilizada para a remoção de sujidades presentes em vários tipos de grãos.

NOMENCLATURA

m_a	Massa de sujidades alimentadas na peneira	[g]
m_c	Massa de sujidades coletadas após o peneiramento	[g]
η	Eficiência da peneira	[%]

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, G. S. **Estudos de parâmetros texturais das areias para argamassas de revestimento através da análise de imagens**. 2001. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2001.

CORREIA, J. C. G.; COUTO, H. J. B. Classificação e peneiramento. In: ADÃO, B. L.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A (Ed.). **Tratamento de minérios**. 6. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018. p. 225-272. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/2177>>. Acesso em: 9 abr. 2019.

CREMASCO, M. A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

MATOS, S. P. de. **Operações unitárias: fundamentos, transformações e aplicações dos fenômenos físicos e químicos**. São Paulo: Érica, 2015.



CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE MISTURADOR HELICOIDAL PARA MISTURA DE TERRA E RESÍDUOS ORGÂNICOS

Dara Fernanda Nehring^{1,*}, Joceane Wilchen Kaspar¹, Bruna Teresinha Klassen Tusset¹, Gabrieli Carvalho Grás¹, Isaac Dos Santos Nunes¹

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

*darafnehring@aluno.santoangelo.uri.br

Área do Trabalho: Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

Uma das grandes preocupações ambientais do planeta é a quantidade excessiva de resíduos orgânicos produzidos pela população. Essa problemática tem feito com que as pessoas busquem alternativas para disposição de seus resíduos, principalmente orgânicos, pois estes passam por processos químicos transformando-se em um composto orgânico que pode ser utilizado como uma rica fonte de adubamento do solo. Nesse contexto, propõe-se a construção de um misturador e transportador helicoidal, um equipamento simples que é utilizado para a movimentação de materiais granulares e farelos, junto com a mistura de materiais diferentes. Assim, o equipamento aplica-se para a mistura do composto orgânico com a terra para utilização na regulação da acidez do solo e também fornecendo nutrientes. O objetivo desse protótipo é o entendimento e análise da operação unitária de mistura, bem como a solução de um problema através da construção de um equipamento simples e barato. O protótipo apresentou um desempenho satisfatório, favorecendo uma mistura homogênea dos materiais com uma capacidade de mistura igual a 50% de seu volume total.

Palavras-chave: *protótipo, misturador, helicóide, resíduos orgânicos.*

1 INTRODUÇÃO

O aumento das populações nas cidades devido ao crescimento da população mundial vem inibindo a capacidade do Planeta em absorver os resíduos orgânicos produzidos. Fato este, que tende a se agravar cada vez mais no decorrer dos anos, pelo aumento contínuo da população mundial. A exploração excessiva dos recursos naturais no atual modelo de desenvolvimento vem gerando resíduos em grandes quantidades, sendo estes, em grande parte, dispostos inadequadamente (GASPODINI *et al*, 2018).

Os altos custos envolvidos na disposição em aterros sanitários, forçam as empresas a buscarem outras alternativas de tratamento e disposição final. Então, como uma alternativa ecologicamente correta para o tratamento de resíduos orgânicos de processo, surge a possibilidade da compostagem, permitindo a redução do volume de resíduos gerados e a valorização agrônômica do composto produzido. A compostagem é um método antigo de tratamento de resíduos orgânicos, no qual a matéria orgânica é transformada em um composto orgânico para uso como insumo agrícola, considerada uma alternativa sustentável e agregando valor comercial a um produto antes considerado desperdício ou passivo ambiental (GASPODINI *et al*, 2018).

Do ponto de vista conceitual, a compostagem é um processo aeróbio e termofílico de degradação da matéria orgânica, que resulta em um produto mais estável, química e biologicamente,



envolvendo transformações complexas de natureza bioquímica promovidas por diversos microrganismos que têm na matéria orgânica *in natura* sua fonte de energia, nutrientes minerais e carbono. Assim, os resíduos orgânicos corretamente compostados passam a ser esteticamente aceitáveis, livres de agentes patogênicos e fáceis de manusear. Podem deste modo, ser utilizados para melhorar a estrutura de um solo, aumentar a sua retenção de água e fornecer nutrientes para o crescimento das plantas (GASPODINI *et al*, 2018).

Então, para a elaboração da presente compostagem precisa-se triturar e misturar os resíduos da casca de ovo, juntamente com a terra e transportar para um recipiente adequado para ser efetuada a requerida compostagem.

O misturador e transportador helicoidal é a alternativa abordada, sendo um equipamento simples e bastante utilizado para fazer a movimentação de materiais granulares e farelos. É um dos misturadores e transportadores mais antigos e pode ser adaptado para pequenas e médias distâncias. O transporte é realizado, juntamente com a mistura, quando se colocam os materiais em uma abertura de recebimento (alimentador), assim, a mistura é deslocada ao longo do helicóide a partir de um movimento de rotação (GIUDICE *et al*, 1972).

O misturador e transportador helicoidal possui a vantagem de poder ser aberto ou fechado; de trabalhar em qualquer inclinação; de poder ser carregado e descarregado em diversos pontos; por ocupar pouco espaço e não precisar de espaço para retorno; e pode ser utilizado também, para misturar diferentes materiais durante o transporte (GOMIDE, 1983).

Neste contexto, o presente trabalho apresenta um estudo de construção, com materiais de fácil acesso e baixo custo, de um misturador e transportador helicoidal em escala laboratorial visando mistura de terra com resíduos de cascas de ovos. As cascas de ovos são uma fonte rica em calcário, que por sua vez é usado para corrigir a acidez do solo e fornecer dois importantes nutrientes, o cálcio e o magnésio, onde o cálcio entra na formação das células das plantas aumentando sua resistência e o magnésio que é relevante na formação da clorofila.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Elaboração do protótipo

Partindo-se de um eixo de ferro com comprimento de 50,5 cm e espessura igual a 12,7 mm, soldou-se ao redor deste uma chapa de ferro de 27,8 mm de largura. A chapa foi sendo fixa e dobrada para tomar uma forma semelhante a um helicóide, tendo este um total de 40 cm de comprimento. Em uma das extremidades do eixo fixou-se uma manivela com 20 cm de altura com uma maçaneta de 10 cm, pois o equipamento foi concebido para funcionar manualmente. O eixo com helicóide consiste na parte interna do misturador.

Para a parte externa, onde o eixo será colocado, tomou-se um cano Policloreto de Vinila (PVC) de 23 cm de comprimento e acoplou-se o mesmo a uma junção simples de PVC de 25 cm de comprimento, tendo-se um total de 48 cm de cano, ou seja, a parte externa do misturador. Ambas partes de PVC têm diâmetro de 100 mm. Para a fixação do eixo helicoidal dentro do tubo, usou-se duas tampas de PVC, também com 100 mm de diâmetro, e fez-se um furo de 12,8 mm no centro de cada uma delas. Assim, as tampas sustentam o eixo e mantém o equipamento fechado. Confeccionou-se ainda uma mesa com suporte de MDF para a colocação do equipamento. As Figuras 1 e 2 apresentam, respectivamente, o protótipo e sua parte interna (helicóide).

Figura 3: Protótipo do misturador helicoidal



Fonte: (As Autoras).

Figura 4. Parte interna do misturador (helicóide)



Fonte: (As Autoras).

2.2 Determinação da capacidade de mistura do protótipo

A capacidade do equipamento foi determinada usando-se a Equação 1, na qual V indica o volume, em m^3 , r indica o raio do tubo e h a altura.

$$V = \pi r^2 h \text{ Equação 1}$$

Após determinar o volume, testes para definição da capacidade de mistura do protótipo foram realizados a fim de se obter uma mistura homogênea, ou seja, determinou-se qual o máximo de material poderia ser alimentado no misturador.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a montagem do equipamento, conforme descrito, realizou-se os cálculos necessários para a determinação de sua capacidade de mistura. O volume encontrado para o misturador é de $3,77 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, o que representa o volume total da parte horizontal do tubo, no qual é colocado o eixo. O funcionamento do equipamento será em batelada, pois após a mistura dos materiais, o mesmo tem de ser aberto e a mistura retirada. A carga mínima para misturadores e transportadores helicoidais é de 45% para materiais que não possuem características abrasivas, e a capacidade é função do tipo de produto e da taxa de carga (SILVA, 2001). Assim, com base nessas informações nos testes práticos realizados, percebeu-se que a capacidade máxima do misturador é de cerca de 50% do seu volume total. Isso se deve ao fato de que como o eixo tem a forma próxima a um helicóide, acaba empurrando o material para o fundo do tubo, o que poderia acabar abrindo o equipamento no caso de uma alimentação de sólidos superior a essa capacidade. Contudo, o equipamento apresenta uma boa homogeneidade nas misturas, o que o torna viável e aplicável ao problema proposto.

4 CONCLUSÃO

Ressaltando a importância de se dar um novo fim aos resíduos orgânicos produzidos domesticamente, considera-se o protótipo do misturador helicoidal uma metodologia válida e viável. Seu baixo custo pelo uso de materiais simples e de fácil acesso viabiliza a sua confecção pelos próprios indivíduos que forem adeptos da compostagem, assim as pessoas podem ter um misturador em suas casas. Quanto a sua eficiência de 50%, pode ser aceita por resolver de maneira efetiva o problema proposto, misturando de forma homogênea a matéria orgânica à terra.

REFERÊNCIAS

GASPODINI, R. S. *et al.* Compostagem de resíduos de casca de ovo, esterco bovino e lodo de estação de tratamento de efluente de graxaria: uma abordagem experimental em pequena escala. **Revista Ciatec**, Passo Fundo, v. 10, 2018.

GIUDICE, P. M. del. *et al.* **Manuseio, secagem e armazenamento de café**. Viçosa, MG. UFV, 1972.

GOMIDE, R. Operações com sistemas sólidos granulares. In: GOMIDE, R. **Operações unitárias**. São Paulo: Reynaldo Gomide, 1983.

SILVA, J. de S. Manuseio de grãos. In: SILVA, J. de S. **Secagem e armazenagem de café: tecnologias e custos**. Viçosa: Jard, 2001.



CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE MOÍNHOS DE ROLOS PARA MALTE E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO PRODUTO OBTIDO

Andrei Braun^{1,*}, Arthur Rolim Stasiak¹, Gabriel da Rosa Lutchemeyer¹, Luigi Calegari¹, 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.

*andreibraun@aluno.santoangelo.uri.br

Área do trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações;

RESUMO

A fragmentação é de suma importância para a obtenção de diversos produtos presentes no nosso dia a dia, como farinhas e produtos utilizados na construção civil, por exemplo. Objetivando demonstrar a grande importância deste processo, no seguinte estudo serão apresentados a construção de um protótipo de moinho de rolos e a análise granulométrica de uma amostra de malte fragmentada pelo mesmo, com o objetivo de calcular o Diâmetro Médio de Sauter para o grão moído e analisar se o mesmo poderia se encaixar em um processo de fabricação de cerveja. Obteve-se uma redução do tamanho dos grãos de malte, tendo sua maioria acumulada em peneiras de diâmetro médio entre 4 mm e 1 mm. E encontrando o Diâmetro Médio de Sauter para a amostra de 1013,16 μm .

Palavras-chave: *moinho de rolos, malte, diâmetro médio, diâmetro de Sauter.*

1 INTRODUÇÃO

O malte é obtido da cevada e para que os grãos de cevada se transformem em malte é preciso que os mesmos sejam colocados sob condições favoráveis de germinação, controlando temperatura, aeração e umidade, sem esquecer que se deve interromper o processo de germinação, caso contrário poderá haver a formação de uma nova planta. O processo de malteação é de suma importância, pois está diretamente ligado à qualidade da cerveja, afetando as características sensoriais desta (DRAGONE; SILVA, 2010).

A fragmentação de sólidos é muito empregada em diversos setores da indústria, e resulta na formação de vários produtos presentes em nosso dia a dia, como farinhas e produtos utilizados na construção civil, por exemplo. As propriedades de um material podem ser consideravelmente influenciadas pelo tamanho de partículas, pois a reatividade química de partículas finas é maior do que de partículas grosseiras (RICHARDSON et al, 2002).

A moagem é o último estágio de um processo de fragmentação, esta utiliza-se das forças de abrasão, compressão, impacto e atrito para obter a redução do tamanho das partículas sólidas, estes moinhos podem ser de diversos tipos e tamanhos (RICHARDSON et al, 2002).

Os moinhos de rolos consistem em dois ou mais cilindros girando em direções opostas, a distância entre eles pode ser regulada de acordo com a matéria prima utilizada, a pressão provocada pelos cilindros acarreta na formação de microfissuras nas partículas alimentadas, gerando uma quantidade considerável de material fino em um curto período de tempo (OLIVEIRA, 2012).

Tendo em vista a grande utilização da moagem, neste estudo serão apresentados os resultados da fragmentação de grão de malte, geralmente utilizados para a fabricação de cerveja, utilizando um protótipo de moinho de rolos.

2 MATERIAL E MÉTODO

Um protótipo de moinho de malte foi produzido a partir do desmonte de um equipamento esticador de massas, separando os cilindros e as engrenagens do restante do equipamento. Em seguida os cilindros foram lixados e pegou-se uma placa de madeira e cortou-se um retângulo de 16x4 cm no centro da placa de madeira. Os cilindros foram fixados acima do corte na placa de madeira. A Figura 1 apresenta o protótipo de moedor.

Figura 1: Protótipo de moedor de malte.



(Fonte: Os Autores).

Em baixo do equipamento foi colocado um recipiente para a coleta do material moído, e foi produzido um tubo cônico para o escoamento dos grãos até o moedor. No tubo cônico foram alimentados 300 g de malte, em seguida rotacionou-se as engrenagens que, conseqüentemente, rotacionou os cilindros, ocasionando a moagem dos grãos.

Com os grãos moídos foi feito um peneiramento, onde utilizou-se peneiras de 4, 6, 8, 10, 14, 20, 28, 35, 48, 65, 100, 150 e 200 Mesh, que tiveram suas massas previamente aferidas. Para fazer o agitação das peneiras operou-se com um agitador mecânico com intensidade de vibração do equipamento de 7 e tempo de 15 minutos.

Com os resultados de fração mássica presente em cada peneira pode-se produzir uma análise granulométrica dos grãos moídos e determinou-se o diâmetro médio de Sauter dos mesmos. O diâmetro de Sauter pode ser calculado pela Equação 1, onde, x_i é a fração mássica presente em cada peneira, ou seja, a massa de material presente na peneira dividido pela massa total do material. Enquanto o \bar{D}_{P_i} é calculado pela média da abertura da peneira passante e a peneira retida, lembrando que essas aberturas têm que estar em mm (CREMASCO, 2014).

$$\bar{D}_{Ps} = \frac{1}{\sum_i^n \left(\frac{x_i}{\bar{D}_{P_i}} \right)} \quad \text{Equação 1}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à fabricação de cerveja, existem critérios extremamente rígidos para a separação de grãos. Falando em termos de cevada, os grãos devem ter uma homogeneidade de no mínimo 90% por amostragem, e nenhum grão deve ter diâmetro inferior a 2,2 mm. (MORATO, 2011). O



experimento de fragmentação de 300 g de malte em moinho de cilindros teve duração de 2 minutos, conseqüentemente a capacidade mássica do moinho foi de $9 \cdot 10^{-3}$ t/h.

Após moído o malte passou por peneiramento, os resultados da operação estão descritos na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Resultados do peneiramento do malte.

Mesh da Peneira	Diâmetro médio (μm)	Amostra Retida (g)	Fração mássica
+4	-	4,5	0,01
-4 +6	4050	78,08	0,26
-6 +8	2855	56,35	0,19
-8 +10	2030	55,26	0,18
-10 +14	1440	34,07	0,11
-14 +20	1015	23,73	0,08
-20 +28	725	12,99	0,04
-28 +35	512,5	9,14	0,03
-35 +48	362,5	5,77	0,02
-48 +65	256	4,9	0,02
-65 +100	181	5,99	0,02
-100 +150	128	3,07	0,01
-150 +200	90,5	5,08	0,02
-200 +fundo	-	2,28	0,01
TOTAL		301,21	1

(Fonte: Os Autores).

A partir da Tabela 1, fica visível que os grãos de malte moídos ficaram retidos em sua maioria entre as peneiras 6 e 20 Mesh, aproximadamente 247 gramas do total de 301 gramas de amostra retida, em torno de 82% dos grãos. Pode-se ver também que os valores de diâmetro médio da primeira e da última relação de peneiras não é definido visto que não se tem os valores para encontrar tal resultado, sendo assim os valores de massa de malte retida nessas partes será desconsiderado. Além disso, fica salientado que a partir da peneira de 48 Mesh os grãos já se acumulam em menor quantidade, pois a maioria deles já ficou retida em peneiras maiores, sobrando apenas 10% do total da amostra nas peneiras de diâmetro médio menor que 0,38 milímetros.

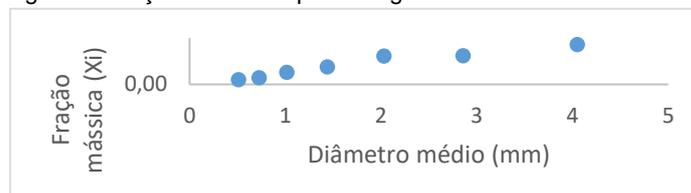
Com os valores de fração mássica por diâmetro médio encontrados no peneiramento, calculou-se o diâmetro médio de Sauter fazendo uso da Equação 1 já mencionada anteriormente.

O Diâmetro Médio de Sauter após o peneiramento ficou em 1013,16 μm , ou seja, aproximadamente 1 milímetro, tal valor é muito inferior ao valor inicial de diâmetro do grão de malte, mostrando assim que a amostra foi devidamente moída. Porém, tal valor de diâmetro médio do grão é inferior ao mínimo de 2,2 mm pretendido.

Todavia, conforme o que pode ser visualizado na Figura 2 que apresenta a análise granulométrica em termos de fração mássica (X_i) após moagem em moinho de rolos, que a maioria dos grãos moídos ainda está em diâmetros superior a 2,2mm.



Figura 2. Fração mássica após moagem em moinho de 2 cilindros



(Fonte: Os Autores).

Os grãos retidos nas peneiras de 6 e 8 Mesh ficaram na sua totalidade com diâmetros acima de 2,5 mm o que os torna a amostra desejada, aproximadamente 45% do total ficou entre estas peneiras e, dentro destes padrões, essas amostras poderão ser utilizadas.

O tamanho das partículas desejadas é definido pela abertura que há entre os cilindros na moagem, essa abertura pode ser alterada através de roscas que variam a distância dos cilindros.

Ao analisar os resultados, percebe-se que a granulometria do malte reduziu após a operação de moagem e, quanto mais triturado o amido, melhor será o contato, desempenho, eficiência e velocidade das enzimas (β -amilases e α -amilases) na conversão do amido em açúcares fermentescíveis durante a mistura, porém casca do malte não pode ser moída demais, pois pode prejudicar a cor e o sabor da cerveja (MORATO, 2011).

4 CONCLUSÃO

Os resultados mais eficientes para o objetivo ficaram nas amostras retidas nas peneiras de 6 e 8 Mesh, 45% do total de grãos de malte, aproximadamente. Além disso calculou-se o Diâmetro médio de Sauter para o malte moído que ficou em torno de 1 milímetro, resultado muito satisfatório em termos de fragmentação das partículas. Verificou-se que o moinho de dois cilindros cumpriu o objetivo de diminuir o tamanho das partículas de malte. Esse tipo de moedor possui a vantagem de permitir uma calibração mais exata (na ordem de milímetros), promover uma moagem homogênea, ser de fácil limpeza e o tempo de moagem ser mais curto, porém em escala industrial requer investimento maior.

NOMENCLATURA

\bar{D}_{Ps}	Diâmetro Médio de Sauter	[μm]
\bar{D}_{Pi}	Diâmetro Médio	[μm]
x_i	Fração Mássica	[-]

REFERÊNCIAS

CREMASCO, M.A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2014.

DRAGONE, G.; SILVA, J. B. A. Cerveja, in: VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Blücher, 2010.

MORADO, Ronaldo. **Larousse da cerveja**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2011.



OLIVEIRA, G.A.R.N. **Critérios de projeto para moinhos de cimento Portland**. Rio de Janeiro, 2012.

RICHARDSON, J.F.; HARKER, J.H.; BACKHURST, J.R.. **Coulson and Richardson's Chemical Engineering**. Woburn: Butterworth Heinemann, 2002.



DESENVOLVIMENTO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ EM GRÂNULOS PARA APLICAÇÃO NA AGRICULTURA

Arthur Rolim Stasiak^{1,*}, Eduarda Chagas da Silva¹, Guilherme Vilmar Herter Carlan², Patrícia Siqueira Alves¹, Flávio Kieckow²

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

²Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Mecânica.

*arthurrolimstasiak@hotmail.com

Área do Trabalho: Ciência e Engenharia dos Materiais.

RESUMO

O arroz está em segundo lugar entre os alimentos mais consumidos mundialmente, dado que, no período de 2017/2018, foram consumidos cerca de 498,0 milhões de toneladas do grão em todo o mundo. Tendo em vista seu grande cultivo, a queima da casca deste produto é uma solução viável para o resíduo que é gerado, pois através de pesquisas comprovou-se que a cinza da casca de arroz traz benefícios para determinadas culturas de plantas. Diante disso, desenvolveu-se um método de incorporar a cinza no solo através da formação de grânulos, em equipamento adequado, que contenham características específicas, bem como aglutinantes e componentes que forneçam à planta os nutrientes necessários, de forma rápida e sem ser prejudicial à saúde e ao meio ambiente. Após o desenvolvimento do protótipo de um granulador por via úmida, realizaram-se testes com diferentes concentrações de aglutinante e argila. De acordo com requisitos específicos para obtenção do grânulo verificou-se a melhor composição, avaliando os parâmetros predeterminados de tamanho, umidade e dureza. Com os resultados obtidos, verificou-se que todos os testes, independente das concentrações obtiveram tamanho adequado. Quanto à umidade, somente duas das formulações apresentaram resultados satisfatórios enquanto que nenhum dos testes atingiu a dureza necessária.

Palavras-chave: cinza de casca de arroz, grânulo, bentonita, aglutinante.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o arroz é considerado um dos alimentos de maior produção e o Rio Grande do Sul de acordo com o IBGE (2017), é o maior produtor do país de arroz em casca, com 71,4% de participação no total nacional. Diante da grande demanda de arroz produzido, também são geradas grandes quantidades de resíduos durante os processos para seu beneficiamento e dentre esses resíduos, destaca-se a casca, a qual representa cerca 20% da massa total do grão (OLIVEIRA, 2017). Nesse caso, como resultado da queima da casca de arroz tem-se a cinza da casca de arroz (CCA) que também tem grandes utilidades, podendo ser utilizada, dentro outras aplicações, para a produção de cimentos e argamassas, mas também como substrato para produção de vários tipos de plantas por apresentar nível importante de sílica em sua composição (LORENZETT; NEUHAUS; SCHWAB; 2012)



Os amidos são polissacarídeos que, apresentam propriedades favoráveis decorrentes da segurança fisiológica, biodegradabilidade e de grande abundância por ser a principal substância de reserva em plantas, como as de milho e de mandioca. Os amidos de origem vegetal, são conhecidos como aglutinantes naturais e estes têm várias aplicações em produtos alimentares como agentes adesivos, ligantes e formadores de filmes (WEBWE; COLLARES-QUEIROZ; CHANG; 2009).

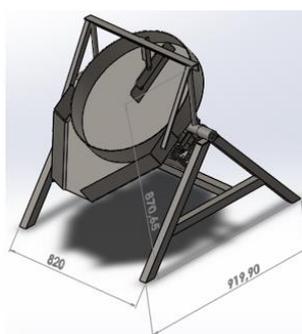
As argilas são essencialmente silicatos hidratados de alumínio geralmente cristalinos denominados argilominerais, podendo conter ferro e magnésio. Podem conter ainda outros minerais, matéria orgânica e sais solúveis. As argilas são empregadas numa série de produtos acabados, por possuir propriedades adequadas, pela abundância e por ser de fácil manuseio.

Diante dessas circunstâncias, o presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de grânulos a partir da cinza da casca de arroz com a finalidade de aplicação em solo para a agricultura, utilizando aglutinante natural (fécula de mandioca) e nanoargila, Bentonita Brasileira.

2 MATERIAL E MÉTODO

A produção dos grânulos de cinza da casca de arroz (CCA) realizou-se a partir de diferentes testes e formulações. Na produção de grânulos, prepararam-se misturas contendo os seguintes componentes: cinza micronizada, fécula de mandioca Tapioca da Terra, água e a bentonita (argila) de marca Bentonisa e NPK comercial. Os grânulos foram produzidos com a adição das misturas em um protótipo de um granulador. Tem-se um disco de 610 mm de diâmetro e altura de 100 mm que na produção de grãos girava com velocidade de 35 a 40 rpm e ângulo de inclinação de 40° para entrada e 25° para a saída dos grânulos. A Figura 1 apresenta o modelo do disco usado na produção bem como as medidas máximas deste.

Figura 1 – Vista isométrica ilustrativa do disco.



(Fonte: Os Autores)

Após a formação dos grânulos, estes foram direcionados para o processo de peneiração onde eram selecionados os grânulos que se adequassem as condições ideais. Utilizou-se peneiras de 4 e 8 Mesh. Com os grânulos peneirados, passava-se para o último processo da produção, que é a secagem. Nessa etapa acontecia a caracterização das propriedades dos grânulos, que foram secos durante 90 min em secadora de grãos com fluxo variável a 105 °C, como. Algumas amostras com foram repetidas e secas em estufa durante 180 min a 105°C.



Após realizou-se a determinação das características dos grânulos, como dureza e umidade. Para o teste de dureza utilizou-se o um equipamento adaptado de polímero e garrafa PET que aplicava uma força sobre o grânulo, quando adicionado água ao equipamento. O teste de umidade foi realizado em estufa/secadora a 105°C.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da formulação dos grânulos, realizaram-se testes com diferentes composições, variando, a quantidade de nanoargila bentonita. Na Tabela 1 podem-se observar as diferentes composições empregadas na produção dos grânulos.

Tabela 1 – Composição das diferentes misturas empregadas nos testes.

Teste	1	2	3	4	5
Mistura					
CCA	500 g	500 g	500 g	1000 g	1000 g
Fécula de mandioca	5% (25 g)	5% (25 g)	5% (25 g)	10% (100 g)	10 % (100 g)
Água	400 mL	300 MI	325 mL	580 mL	450 mL
Bentonita	1% (5 g)	3% (15 g)	5% (25 g)	7% (70 g)	5% (50 g)

(Fonte: Os autores).

Diante das composições apresentadas, verificou-se que as melhores condições de formação do grânulo ocorreram com as partículas granuladas da mistura 5, contendo a composição de 5% de bentonita e 10% de fécula de mandioca, pois a mesma apresentou visualmente, boa resistência, formato esferoidal e facilidade durante o processo de produção.

Seguidamente, verificou-se a umidade e a dureza de todas as amostras, serão apresentados os valores da média das misturas: as amostras apresentaram 4,06% de umidade e dureza das misturas 1,2,3,4 e 5 foram, respectivamente, de: 0,368, 0,666, 0,404, 1,005 e 1,848 kgf

Posteriormente à verificação de umidade e dureza das partículas, sucedeu-se uma nova produção de grânulos a partir daqueles que apresentaram a melhor composição (teste 5), desta vez com a adição de 5% (50 g) do aditivo NPK em sua formulação. Em seguida, efetuaram-se novamente os testes de umidade e dureza dos grânulos novos grânulos com NPK, resultando nos valores apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados de testes de dureza e umidade para grânulos da composição do teste 5 com adição de NPK.

Resultados teste 5 + NPK					
Massa úmida (g)	Massa seca (g)	Varição (g)	Varição (%)	Umidade (%)	Dureza média (kgf)
186,2	130,54	55,66	29,89	5,68	1,67

(Fonte: Os autores).



Os grânulos com a bentonita foram comparados aos grânulos com ótimas condições para ser aplicado no solo, que tem como características, tamanho de 2 a 4 milímetros, dureza de 2,3 a 3,5 kgf e umidade na faixa de 2%.

Quanto ao tamanho dos grãos pode-se afirmar que estão dentro do padrão, pois passaram por peneiras dentro da faixa estipulada.

As durezas das misturas foram abaixo das consideradas referências, pois variaram em média de 0,368 a 1,848 kgf para os grânulos que continham bentonita e de 0,458 a 0,631 kgf para os grânulos com glicerol em sua formulação. O dispositivo de medida foi adaptado e poderia não estar medindo corretamente os valores de dureza.

Quanto às condições de umidade para as os grânulos com nanoargila de bentonita foram os que apresentaram melhores resultados, provavelmente devido a presença das nanoragilas favorecendo na difusão da água no processo de secagem. Nas amostras contendo glicerol, formou-se uma “casca mais dura”, mais fechada, dificultando um pouco mais a difusão da água. O processo de secagem foi realizado em estufa e secadora e aparentemente com menores tempos na secadora, o grânulo apresentava menores valores de umidade. Este deve-se ao fato de a secadora secar por grânulo na esteira e não por quantidade de amostra em um recipiente.

4 CONCLUSÃO

Visualmente e aparentemente nos processos de obtenção, os grânulos com nanocarga de Bentonita foram melhores nas condições de tamanho, umidade e dureza. Porém os grânulos produzidos não alcançaram algumas de suas propriedades ideais, mais especificamente quanto a dureza, em que nenhum dos grânulos chegou a dureza de 2,3 a 3,5 kgf. Enquanto nos testes de umidade apenas nos testes 4 e 5, da tabela 2, tiveram condições ideais de umidade.

Mas como descrito anteriormente, não temos certeza se o método de medida de dureza foi eficaz em suas medições. Para que os valores fossem mais precisos seria necessário ter um equipamento adequado para isso, e o que se tinha disponível era uma adaptação que pode apresentar erros de medida. Assim que possível estas amostras serão medidas em durômetro específico para grânulos.

REFERÊNCIAS

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Rio de Janeiro, 2017.

LORENZETT, D. B. NEUHAUS, M.; SCHWAB, N. T. Gestão de resíduos e a indústria de beneficiamento de Arroz. **Gestão Industrial**. v. 8. n. 1. p. 219-232, 2012.

OLIVEIRA, J. P. *et al.* Cellulose fibers extracted from rice and oat husks and their application in hydrogel. **Food Chemistry**, v. 221, p. 153-160, 2017.



WEBWE, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 29. p. 748-753, 2009.



DESTILAÇÃO DE BEBIDA ALCOÓLICA AGUARDENTE

Gabriel Roque Kuhn^{1,*}, Letícia Andreola¹, Joceane Karpary¹, Isaac dos Santos Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química
*gabriel026.@gmail.com

Área do Trabalho: Química Orgânica.

RESUMO

A destilação é um método baseado em separar misturas líquidas homogêneas, sendo seu princípio fundamental a diferença no ponto de ebulição dos componentes dessa mistura. Dessa forma, objetivou-se destilar uma bebida alcoólica, a fim de separar os componentes água e etanol. A metodologia empregada constitui-se em realizar uma destilação fracionada, recolhendo, primeiramente, o componente mais volátil, ou seja, comparando os pontos de ebulição da água de 100 °C e do etanol 78°C, o componente mais volátil é aquele que apresenta menor ponto de ebulição. Com base nas informações da bebida alcoólica, tem-se, teoricamente 39% de álcool. Todavia, o rendimento obtido foi de 40% de etanol. Portanto, com base nos resultados obtidos, o rendimento obtido experimentalmente corresponde à 1% acima do valor informado. Entretanto, não é possível obter uma separação total dos componentes, já que, na destilação de água e etanol há formação do azeótropo.

Palavras-chave: *Destilação, água, etanol, bebida alcoólica.*

1 INTRODUÇÃO

A destilação é um método físico de separação de misturas líquidas que se apresentam na forma homogênea. Esse método é um dos mais utilizados em laboratório e um dos principais métodos de purificação de substância, sendo que seu princípio fundamental é o ponto de ebulição das substâncias presentes na mistura, conduzindo os vapores formados para um dispositivo resfriado que promova a condensação deles e, logo após, coleta-se o produto condensado assim obtido. Por esse motivo, é muito importante que o ponto de ebulição seja diferente em cada uma das substâncias (Pavia; Lampman; Kriz, 1988).

A destilação fracionada é utilizada para separar uma mistura líquida formada por líquidos miscíveis entre si que entram em ebulição com uma diferença de temperatura menor que 25 °C a 1 atm (Zubrick, 52006).

A destilação não separa totalmente os componentes de uma mistura, por se tratar de uma operação realizada em estágios de equilíbrio, cada quantidade recolhida corresponderá a um estágio de equilíbrio. O primeiro vapor colhido da destilação está mais puro no componente mais volátil. À medida que o processo continua, pequenas quantidades do outro componente da mistura serão carregadas juntamente ao vapor do componente mais volátil (PAVIA; LAMPMAN; KRIZ, 1988).

A destilação fracionada é usada quando os componentes de uma mistura não possuem muita diferença entre os pontos de ebulição destes componentes. E, nela faz-se o uso de uma coluna de fracionamento, o efeito dessa coluna é proporcionar em uma única destilação uma série de micro destilações simples que ocorrem sucessivamente (Pavia; Lampman; Kriz, 1988).



A coluna de fracionamento é empacotada com algum material inerte, aumentando a superfície onde o vapor pode se condensar. Os vapores quentes sobem através da coluna, arrastando consigo pequenas frações do componente menos volátil, no entanto, eles condensam e retornam de volta para baixo da coluna, arrastando consigo pequenas quantidades do componente mais volátil. O condensado, ao ser encaminhado para as partes mais baixas, mais quentes da coluna, é revaporizado, e os componentes mais voláteis prosseguem coluna acima (Gonçalves; Almeida, 1988).

A destilação fracionada é de grande importância e amplamente utilizada em vários setores industriais, pela facilidade e eficiência do processo. A indústria de bebidas alcoólicas é um dos grandes setores que utilizam o processo de destilação fracionada para obter bebidas de elevado teor alcoólico, tais como cachaça, vodka e whisky, que são obtidas pela extração do excesso de água e concentração do teor alcoólico, até o ponto desejado.

No experimento descrito no presente artigo, objetivou-se dissociar o álcool presente em uma bebida do tipo aguardente, para que deste modo, se obtivesse um destilado com maior teor alcoólico do que o presente inicialmente.

2 MATERIAL E MÉTODO

Primeiramente, transferiu-se a bebida alcoólica para um balão de fundo chato de 250 mL, e logo em seguida, adicionaram-se algumas pérolas de vidro e em seguida, montou-se o sistema de destilação.

Inicialmente colocou-se sobre um suporte universal uma manta de aquecimento, em seguida, fixou-se com uma garra de fixação o balão com a bebida alcoólica, não o deixando encostar diretamente na manta.

Logo após, conectou-se uma coluna de destilação no balão e na coluna, plugou-se um conector com duas saídas, na superior colocou-se uma rolha perfurada, onde nela foi encaixado um termômetro e na saída lateral conectou-se um condensador.

Na saída do condensador acoplou-se um conector em “L”, e nesse conector, colocou-se uma proveta, sustentada por um elevador. Em seguida conectaram-se duas mangueiras no condensador, uma na entra, onde inseriu-se água e outra na saída, onde descartou-se a água que passou pelo sistema. E por fim, ligou-se a manta de aquecimento.

Em seguida, começou-se a observar o processo de destilação da bebida alcoólica, observando a temperatura em que a solução se encontra em determinados momentos, e a quantidade de destilado que se conseguiu, calculando por fim, o seu rendimento, utilizando-se das informações previamente obtidas em relação à bebida.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas informações da embalagem, a bebida alcoólica utilizada para análise continha 39% de álcool. Dessa forma, foi usado 170 mL de amostra, que corresponde, teoricamente, a 66,3 mL de álcool.

Assim, as primeiras frações recolhidas do destilado são ricas no componente mais volátil, correspondente ao álcool que possui ponto de ebulição de 78 °C. Ao decorrer do tempo, a temperatura se eleva cada vez mais, dessa maneira, a composição do vapor se torna cada vez mais



rica no componente menos volátil, correspondente a água, que possui maior ponto de ebulição (100 °C).

Todavia, o destilado não apresenta pureza total, pois, devido ao ponto de ebulição do álcool e da água presentes na bebida possuem pontos de ebulição próximos, há a formação do azeótropo durante a destilação de água e álcool.

O termo azeótropo é usado para descrever o estado em que um líquido em ebulição produz um vapor com exatamente a mesma composição e, conseqüentemente, o líquido não muda de composição à medida que ele evapora (Smith; Ness; Abbott, 2000). E a separação por simples destilação torna-se impossível. Assim, uma das técnicas empregadas é a destilação azeotrópica, onde é adicionado um agente de arraste, com o objetivo de formar um novo azeótropo com um dos componentes inicialmente presentes na mistura (Ribeiro; Vasconcelos, 2004).

Deste modo, em uma proveta de 20mL recolheu-se o destilado rico no componente álcool até a temperatura chegar em 78 °C. Assim, obteve-se 69 mL de destilado, o qual, conforme as informações da embalagem corresponde a 40% de etanol. Entretanto, o destilado recolhido não apresenta pureza total. Com isso, para elevar o grau de pureza é necessário realizar várias destilações fracionadas, o que poderia ser realizado utilizando uma coluna de destilação fracionada maior, onde ocorreria um maior número de condensações, e assim, mais destilado ficaria o produto.

Os resultados obtidos neste experimento são não de alta veracidade, pois devido ao tempo necessário para se realizar um processo de destilação fracionada e a quantidade de materiais, presentes no laboratório utilizado, não era o suficiente para a montagem de mais de um sistema de destilação ao mesmo tempo, só foi possível realizar um processo de destilação, impossibilitando a possibilidade de realizar cálculos de desvios padrões, para que assim se obtivesse resultados mais precisos.

4 CONCLUSÃO

Com base nas informações da embalagem da bebida alcoólica e nos resultados, obteve-se 40% de etanol, todavia, a informação contida era de 39%. Contudo, a destilação fracionada de água e etanol não apresenta um destilado totalmente puro, devido, principalmente, a formação do azeótropo, o qual não é possível separar com métodos simples. Para isso, várias destilações fracionadas são necessárias para aumentar o grau de pureza, tornando o processo inviável e pequena escala.

Portanto, em escala industrial, a destilação fracionada é de grande importância, principalmente na produção de bebidas alcoólicas, como por exemplo, conhaque, cachaça, whisky, vodka, entre outros destilados alcoólicos, pois os processos são realizados em grande escala.

REFERÊNCIAS

GONÇALVES, D.; ALMEIDA, R. R. **Química Orgânica e Experimental**. McGraw-Hill, 1988.

PAVIA; LAMPMAN; KRIZ, **Introduction to Organic Laboratory Techniques**. 3.ed. W.B. Saunders Company; 1988.

RIBEIRO, O. M. S.; VASCONCELOS, L. G. S. (2004). **Simulação em regime estacionário de uma coluna de destilação azeotrópica de alta pureza**. VIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica. Paraíba.



SMITH, J. M.; NESS, H. C. VAN.; ABBOTT, M. M. (2000). **Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química**. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, p. 390-395.

ZUBRICK, JAMES W. **Manual de sobrevivência no laboratório de química orgânica: guias e técnicas para o aluno**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTS – Livros Técnicos e Científicos p. 160-166, 2006.



DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA EM TUBO DE AÇO INOX COM 12 mm e PVC COM 16,5 mm DE DIÂMETRO EM DIFERENTES VAZÕES

Suely Ribeiro Hollas^{1,*}, Danieli Emmel Becker¹, 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

*suelyrhollas@aluno.santoangelo.uri.br

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

A perda de energia no escoamento de fluidos em tubulações está associada à viscosidade e ao atrito nas paredes do tubo, e pelo uso de válvulas, curvas, variações de área, entre outras. Estas denominam-se como perdas de carga distribuída e localizada, as quais representam a altura adicional em que o fluido precisa ser elevado por uma bomba para superar as perdas de energia. Esta grandeza pode ser determinada por meio de cálculos teóricos e/ou experimentos. O presente trabalho teve como objetivo determinar experimentalmente os coeficientes de perda de carga distribuída em tubos de aço inox e PVC, mediante a variação da vazão de escoamento, empregando-se um módulo hidráulico com manômetro acoplado, para indicar a diferença de pressão. A partir dos dados coletados, obtiveram-se os valores de 0,0074 m e 0,047 m para o tubo de PVC, para as vazões de 4 e 12 L/min, nesta ordem, o que representou um erro de 37% e 28,8% em relação aos valores teóricos. Já para a tubulação de aço inoxidável, chegou-se aos valores de 0,0025 m e 0,1190 m, para as vazões de 1 e 8 L/min, respectivamente, o que representou um erro de 47% e 44,6% em relação aos valores teóricos calculados nessas condições.

Palavras-chave: perda de carga, vazão, PVC, aço inoxidável.

1 INTRODUÇÃO

Quando se realiza o escoamento de fluidos em tubulações, verifica-se queda de pressão e perda de carga, as quais são causadas pela viscosidade e que estão relacionadas diretamente à tensão de cisalhamento na parede dos tubos (ÇENGEL, CIMBALA, 2011).

A perda de carga representa a altura adicional à qual o fluido precisa ser elevado por uma bomba para superar as perdas por atrito na tubulação, e/ou pela presença de entradas, acessórios, variações de área e outras, as quais são denominadas como perdas de carga distribuída e localizada, respectivamente (ÇENGEL, CIMBALA, 2011; FOX, et al., 2006).

Para determinar a perda de carga teórica em um escoamento completamente desenvolvido e sob condições conhecidas, o número de Reynolds (Equação 1) é o primeiro parâmetro a ser avaliado (FOX, et al., 2006). Para isso, utilizam-se os valores de massa específica, viscosidade dinâmica do fluido, diâmetro do tubo e velocidade, que pode ser calculada pela vazão de escoamento (Equação 2).

$$Re = \rho v D / \mu \quad \text{Equação 1}$$

$$\dot{V} = v \cdot A \quad \text{Equação 2}$$



Se Re resultar em um valor menor que 2300, o regime é considerado laminar, e o fator de atrito pode ser calculado pela Equação 3. Caso for maior que 4000, o regime será turbulento, e o fator de atrito terá de ser determinado pelo Diagrama de Moody, a partir dos valores conhecidos de Re e ε/D . Então, por meio da Equação 4, calcula-se a perda de carga distribuída.

$$f = 64/Re \quad \text{Equação 3}$$

$$h_D = f(L v^2)/(D 2g) \quad \text{Equação 4}$$

Os valores de perda de carga distribuída também podem ser obtidos experimentalmente, empregando-se um módulo hidráulico com um manômetro acoplado, para indicar a diferença de altura em função da variação de pressão. Esta diferença de pressão pode ser calculada pela Equação 5, usando-se os valores de altura, massa específica do líquido de preenchimento do manômetro e aceleração da gravidade. A partir desse resultado, é possível calcular a perda de carga distribuída, utilizando-se a Equação 6.

$$\Delta P = \rho_{lm}gh \quad \text{Equação 5}$$

$$h_D = \Delta P/\rho g \quad \text{Equação 6}$$

Este trabalho teve como objetivo a determinação dos coeficientes de perda de carga distribuída em tubos de aço inox e PVC, mediante a variação da vazão de escoamento; e também o cálculo do erro para cada tubulação, a partir dos resultados teóricos e experimentais.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para avaliar a perda de carga distribuída em tubos de PVC 16,5 mm e aço inoxidável 12 mm, utilizou-se um módulo hidráulico. Primeiramente, acionou-se uma bomba de água para a alimentação dos tubos. Em seguida, abriram-se as válvulas do tubo de PVC e ajustou-se a vazão para 4 L/min, por meio de um rotâmetro. Desta maneira, pôde-se fazer a leitura da diferença de altura no manômetro de tetracloroetileno (C_2Cl_4), o qual indicou a variação da pressão no interior do tubo em que havia o escoamento de água. Após, efetuou-se o mesmo procedimento com a vazão de 12 L/min no tubo de PVC, assim como para o tubo de aço inoxidável, utilizando-se as vazões de 1 L/min e 8 L/min, nesta ordem.

Após realizados todos os experimentos, calculou-se a perda de carga teórica e experimental para cada tubo, considerando que ambos apresentavam as características exibidas na Tabela 1. Também se calculou o erro experimental para cada tubulação, por meio da Equação 7.

Tabela 1. Valores das variáveis das tubulações de PVC e aço inoxidável.

Variável	L (m)	D_{PVC} (m)	$D_{aço}$ (m)	$\rho_{água}$ (kg/m ³)	$\rho_{C_2Cl_4}$ (kg/m ³)	ε_{PVC} (m)	$\varepsilon_{aço}$ (m)	$\mu_{água}$ (kg/m.s)
Valor empregado	0,5	0,0165	0,012	1000	1620	0	0,000002	0,001

(Fonte: os Autores).



$$E(\%) = \frac{|h_{D \text{ teórico}} - h_{D \text{ experimental}}|}{h_{D \text{ teórico}}} \times 100$$

Equação 7

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização da prática experimental, calcularam-se as perdas de carga teóricas e experimentais em ambos os tubos, nas diferentes vazões aos quais foram submetidos. Para tanto, inicialmente determinaram-se os dados para os tubos de PVC e aço inoxidável, onde Re foi calculado pela Equação 1, o valor de f por intermédio do Diagrama de Moody e a relação ε/D . Também definiu-se ΔP utilizando-se a Equação 5, e com as vazões em cada tubo, estabeleceu-se os valores de velocidade do fluido (Equação 2).

Em seguida, por meio da Equação 4, encontraram-se os valores das perdas de carga teóricas, e a partir da Equação 6, determinou-se a perda de carga experimental dos tubos de PVC e aço inoxidável. Tais resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2, bem como o erro experimental, calculado pela Equação 7.

Tabela 2. Resultados dos cálculos realizados para as tubulações de PVC e aço inoxidável.

Variável	PVC		Aço inoxidável	
	4	12	1	8
\dot{V} (L/min)	4	12	1	8
v (m/s)	0,312	0,935	0,148	0,176
Δh (m)	0,012	0,076	0,004	0,192
Re	5148	15427,5	1176	14112
ε/D	0	0	0,000167	0,000167
f	0,036	0,027	0,036	0,028
ΔP (Pa)	72,9	461,8	24,33	116,6
$h_{D \text{ experimental}}$ (m)	0,0074	0,047	0,0025	0,1190
$h_{D \text{ teórico}}$ (m)	0,0054	0,0365	0,0018	0,0823
E (%)	37	28,8	47	44,6

(Fonte: os Autores).

Conforme os resultados obtidos na Tabela 2, observa-se que a maior perda de carga na tubulação de PVC (0,047 m) ocorreu na vazão de 12 L/min. O mesmo acontece para o tubo de aço inoxidável, em que a maior perda de carga (0,1190 m) se deu com a vazão de 8 L/min. Também visualizou-se que a tubulação de PVC apresentou um maior erro experimental (37%) no escoamento de 4 L/min, ou seja, com a menor vazão utilizada, sendo o mesmo observado no aço inoxidável utilizando-se 1 L/min, no qual registrou-se o erro de 47%.

Os erros encontrados indicam que o protótipo de módulo hidráulico utilizado na realização do experimento não é muito eficiente, pois as diferenças entre os resultados teóricos e experimentais foram grandes, o que poderia ser solucionado com o uso de uma tubulação de maior comprimento. Os erros também podem estar relacionados ao fator de atrito (no caso do aço inoxidável), a utilização do Diagrama de Moody, a falta de calibração do protótipo e a imprecisão na leitura do operador.



4 CONCLUSÃO

Após a determinação das perdas de carga teóricas e experimentais de ambos os tubos, verificou-se que a perda de carga experimental aumentou com a elevação das vazões nas tubulações de PVC e aço inoxidável. Além disso, pôde-se observar que houve uma grande discrepância entre a teoria e a prática: 37% e 28,8% para o PVC, e 44,6% e 47% para o aço inoxidável. Estas aumentaram gradativamente com a diminuição da vazão do fluido, e que são ocasionadas, principalmente, devido ao equipamento ser um protótipo, a leitura imprecisa do operador, a falta de calibração do equipamento, e ao fator de atrito do material. Por fim, os erros encontrados indicam que o protótipo de módulo hidráulico utilizado na realização da prática não é muito eficiente, pois as diferenças entre os resultados teóricos e experimentais das perdas de carga foram grandes, devido à pequena extensão das tubulações.

NOMENCLATURA

L	Comprimento do tubo	[m]
D_{PVC}	Diâmetro do tubo de PVC	[m]
$D_{AÇO}$	Diâmetro do tubo de aço inoxidável	[m]
$\mu_{\text{água}}$	Viscosidade dinâmica da água	[kg/m.s]
$\rho_{C_2Cl_4}$	Massa específica do tetracloreto de carbono	[kg/m ³]
ϵ_{PVC}	Rugosidade relativa do PVC	[m]
$\epsilon_{AÇO}$	Rugosidade relativa do aço inoxidável	[m]
\dot{V}	Vazão	[L/s]
v	Velocidade	[m/s]
Δh	Diferença de altura	[m]
g	Aceleração da gravidade	[m/s ²]
Re	Número de Reynolds	[-]
f	Fator de atrito	[-]
ΔP	Variação da Pressão	[Pa]
$h_{D \text{ experimental}}$	Perda de carga experimental	[m]
$h_{D \text{ teórico}}$	Perda de carga teórica	[m]
E (%)	Erro experimental	[%]

REFERÊNCIAS

ÇENGEL, Yunus A; CIMBALA, John M. **Mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill, 2011.

FOX, Robert W.; MCDONALD, Alan; PRITCHARD, Philip J. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

MERCK. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ**. Disponível em: <http://www.merckmillipore.com/BR/pt/product/msds/MDA_CHEM-100964?Origin=PDP>. Acesso em: 29 abr. 2019.



DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA EM TUBOS DE PVC E FERRO GALVANIZADO COM DETERMINADOS DIÂMETROS E VAZÕES

Jéssika Luísa M.^{1,*}, Emanuelli M. Müller¹, 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
je.luisa_mumbach@hotmail.com

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte.

RESUMO

O escoamento de fluidos através de tubos sofre a influência das paredes e de obstáculos no seu interior, dissipando energia devido ao atrito do fluido com a parede do tubo. A dissipação da energia do fluido para vencer o atrito imposta pelas paredes ao longo do tubo, denomina-se perda de carga distribuída. O presente trabalho foi desenvolvido para determinar a perda de carga distribuída teórica e experimental, através do módulo hidráulico, aplicado em dois tubos, PVC e Ferro Galvanizado, de diâmetros 16,5 mm e 16,3 mm respectivamente, utilizou-se o fluido água em diferentes vazões de 11 L.min⁻¹ e 7 L.min⁻¹ para PVC e 3 L.min⁻¹ e 8 L.min⁻¹ para Ferro galvanizado. Os resultados teóricos e experimentais para ambos os tubos são comparados, apresentando em média uma perda de carga experimental de 36,15 % para PVC e 37,5 % para Ferro Galvanizado.

Palavras-chave: Perda de carga, PVC, Ferro Galvanizado, Vazões.

1 INTRODUÇÃO

Para que um processo industrial ocorra com eficiência máxima, para controlá-lo, é preciso conhecer a quantidade de matéria que escoar no sistema, a vazão do fluido. Além disso, é também necessário conhecer as propriedades da matéria e a tubulação em que é transportado. (Terron, 2015).

O fluido que escoar através de tubulações sofre uma interferência devido aos obstáculos encontrados no interior da parede do tubo, o atrito do fluido com a parte interna do tubo faz com que aconteça a dissipação de energia ou perdas de carga, uma vez que um fluido escoar em um tubo de um ponto ao outro ocorrerá perda de energia. (Amaral, Elbelt e Amaral, Tatiane, 2016).

Segundo Alves (2014) existem dois tipos de perda de carga, a distribuída e a localizada. A perda de carga distribuída ocorre em tubos retos de seção constante, em decorrência do atrito mútuo entre as partículas do fluido.

Sendo assim, este trabalho tem por objetivo comparar as perdas de cargas distribuídas teóricas e experimentais do fluido (água), obtidas pelos tubos de Policloreto de Vinila (PVC) e Ferro Galvanizado, por meio de módulo hidráulico.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para realização do experimento utilizou-se um módulo hidráulico (Figura 1), no qual foram escolhidas duas tubulações para o experimento, sendo essas PVC 16,5 mm de diâmetro e Ferro Galvanizado 16,3 mm de diâmetro, ambos com 500 mm de comprimento, onde, um rotâmetro

conectado no início das tubulações determina a vazão do fluido e com um auxílio de uma válvula globo para regulação da mesma, a diferença de pressão é medida através de um manômetro de tetracloretileno ($\rho = 1.620 \text{ Kg.m}^{-3}$). O fluido utilizado foi água ($\rho_{H_2O} = 1.000 \text{ k.g.m}^{-3}$ e $\mu = 10^{-3} \text{ kg/m.s}$).

Figura 1. Módulo hidráulico.



(Fonte: O Autor)

Regulou-se as vazões em 11 L.min^{-1} e posteriormente 7 L.min^{-1} para PVC. Em seguida, ligou-se a bomba e abriu-se as válvulas de esfera das duas extremidades fazendo com que a água percorresse o tubo permitindo a leitura da diferença de altura manométrica (Tabela 1) e assim, podendo calcular a diferença de pressão experimental pela Equação 1. Na sequência realizou-se o mesmo procedimento para Ferro Galvanizado em vazões de 3 L.min^{-1} e posteriormente 8 L.min^{-1} . Sabendo-se as vazões e áreas dos tubos (Equação 2), pode-se calcular teoricamente a velocidade de escoamento a partir da Equação 3 e em seguida sabendo-se que a Rugosidade (ϵ) de PVC e Ferro Galvanizado são 0 mm e $0,15 \text{ mm}$ respectivamente, calculou-se a Rugosidade relativa (ϵ/D) e Número de Reynolds (Equação 4), para pôr fim obter-se o fator de atrito (f) pelo diagrama de Moody.

Tabela 1. Dados experimentais.

Tubo	\dot{V} (L.min^{-1})	Δh (mm)
PVC	11	66
Ferro Galvanizado	8	49
PVC	7	31
Ferro Galvanizado	3	12

(Fonte: O Autor)

$$\Delta P = \rho g \Delta h \text{ (Equação 1)}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \text{ (Equação 2)}$$

$$v = \frac{\dot{V}}{A} \text{ (Equação 3)}$$

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \text{ (Equação 4)}$$

Após, realizados os experimentos e calcular as informações necessárias, foi possível calcular a perda de carga teórica (Equação 5) e experimental (Equação 6) para cada tubo e comparando-as.

$$h_d = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \text{ (Equação 5)}$$

$$h_d = \frac{\Delta P}{\rho g} \text{ (Equação 6)}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização do experimento, calculou-se a perda de carga distribuída dos tubos de PVC e Ferro Galvanizado em diferentes vazões. Obtidos os resultados, constatou-se que houve maior perda de carga experimental que teórica, com exceção no tubo de PVC com vazão 7 L.min⁻¹. Os valores são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Dados experimentais.

Tubo	\dot{V} (L.min ⁻¹)	hd _{experimental} (m)	hd _{teórico} (m)
PVC	11	0,041	0,030
Ferro Galvanizado	8	0,030	0,026
PVC	7	0,019	0,014
Ferro Galvanizado	3	0,0075	0,0047

(Fonte: O Autor).

Comparando os resultados, percebe-se que quanto maior a vazão maior a perda de carga, pois segundo (Telles, 2004) quanto maior for a velocidade do fluido maior vai ser seu atrito contra a parede do tubo. Outro fator que influencia esta perda de energia é a rugosidade da parede, que por sua vez, varia conforme o tipo de material que é feito a tubulação.

As variações da perda de carga experimental e teórica ocorrem devido a erros durante a prática do experimento ou nos cálculos, como a medição da vazão nas colunas do manômetro, pois, este pode haver problemas na calibração do equipamento. O coeficiente de atrito do líquido f , obtido através do diagrama de Moody, pode apresentar variação na aferição. De acordo com (Telles, 2004) a idade da tubulação tem grande valor na perda de carga, devido ao aumento da rugosidade.

Analisando os valores, o erro médio encontrado entre o experimento e a teoria foi aproximadamente 36,15 % para PVC e 37,5 % para Ferro Galvanizado. É normal que haja essa disparidade de valores na prática, contudo o experimento teve grande eficiência na mostra da influência da vazão sobre a perda de carga.

4 CONCLUSÃO

As perdas de carga encontradas no tubo de PVC para a vazão de 11 L.min⁻¹ (experimental 0,041 m e teórico 0,030 m) e 7 L.min⁻¹ (experimental 0,019 m e teórico 0,014 m) e para o tubo galvanizado de vazão de 3 L.min⁻¹ (experimental 0,0075 m e teórico 0,0047 m) e 8 L.min⁻¹ (experimental 0,030 m e teórico 0,026 m) são decorrentes do atrito que o fluido sofre nas paredes das tubulações. Em média houve uma variação na perda de carga experimental e teórica de 36,15 % para PVC e 37,5 % para Ferro Galvanizado, isso se deve a erros cometido na prática. Portanto, o estudo dessa gradual perda de pressão do fluido é indispensável, pois interfere em planos hidráulicos



e máquinas de fluxo, resultando na redução de custos do projeto e no aumento da eficiência do processo.

NOMENCLATURA

v	Velocidade do fluido	[m.s ⁻¹]
Re	Número de Reynolds	[-]
\dot{V}	Vazão volumétrica	[L.min ⁻¹]
ΔP	Diferença de pressão	[kPa]
Δh	Diferença de altura	[mm]
hd	Perda de carga distribuída	[m]
D	Diâmetro do tubo	[mm]
L	Comprimento do tubo	[mm]
f	Fator de atrito	[-]
μ	Viscosidade dinâmica	[Kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]
ρ	Massa específica	[Kg.m ⁻³]
ε	Rugosidade	[mm]
g	Gravidade	[m.s ⁻²]

REFERÊNCIAS

TERRON, R. L. **Operações Unitárias para Químicos, Farmacêuticos e Engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2015

AMARAL, E. R., Amaral, T. R. **Análise dos fatores que influenciam nas perdas de carga em tubulações e acessórios hidráulicos**. Disponível em:

<[https://www.ifnmg.edu.br/arquivos/2016/propp i/sic/resumos/64ddd471-17b3-4218-8c2f-02b86282f985.pdf](https://www.ifnmg.edu.br/arquivos/2016/propp%20i/sic/resumos/64ddd471-17b3-4218-8c2f-02b86282f985.pdf)>. Acessado em 20 de maio de 2018.

ALVES, Dennys Lopes. **Análise da perda de carga em redes de distribuição de fluidos derivados de petróleo**. 2014. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Petróleo e Gás) – Universidade Potiguar, Natal, 2014.

TELLES, Pedro C. Silva. **Tubulações Industriais: Materiais, Projeto, Montagem**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.



DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA EM TUBOS PVC 21 mm E AÇO INOXIDÁVEL 12 mm

Gabriel da Rosa Lütchemeyer^{1,*}, Luigi Calegari¹, 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

*gabriellutchemeyer98@hotmail.com

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

Todo e qualquer projeto hidráulico requer dados técnicos referentes à situação encontrada na prática. O tipo de fluido e conseqüentemente a sua perda de carga em tubulações são fundamentais no dimensionamento das tubulações e das bombas desses sistemas, uma vez que a altura manométrica representa a energia fornecida ao líquido suficiente para vencer o desnível geométrico e as perdas de carga ocorridas ao longo do percurso. O presente trabalho tem como objetivo calcular a perda de carga distribuída em tubos PVC 21 mm e aço inoxidável 12 mm e comparar os resultados experimentais com os resultados encontrados na teoria. Portanto, os valores atribuídos experimentalmente para perda de carga distribuída no tubo PVC 21 mm foram de $4,975 \times 10^{-3}$ m e $4,209 \times 10^{-3}$ m, referentes respectivamente às vazões de 12 L/min e 11 L/min de água na tubulação, sendo que para as mesmas vazões os resultados teóricos apresentaram valores de $12,12 \times 10^{-3}$ m e $10,19 \times 10^{-3}$ m, respectivamente. No que diz respeito ao aço inoxidável 12 mm, foram calculados os valores para perda de carga de $8,802 \times 10^{-3}$ m e $6,468 \times 10^{-2}$ m, respectivamente com vazões de 2 L/min e 7 L/min de água na entrada. Os erros experimentais para o tubo PVC apresentaram valores superiores à 140% para as duas vazões de escoamento. Além disso, com o trabalho, evidenciou-se que, quanto maior a velocidade do escoamento, maior será assim a perda de carga distribuída para tal.

Palavras-chave: *Perda de carga, tubulação, água.*

1 INTRODUÇÃO

No dimensionamento de instalações hidráulicas, a quantificação das perdas de carga ocorridas ao longo do comprimento das tubulações devido ao atrito do fluido / tubulação é importante para o correto funcionamento do sistema de distribuição.

De acordo com Melo (2000), o termo perda de carga é usado como sendo parte da energia potencial, de pressão e de velocidade que é transformada em outros tipos de energia, tal como o calor durante o processo de condução de água. A perda de energia ocorre devido ao atrito com as paredes do tubo e devido à viscosidade do líquido em escoamento. Quanto maior for a rugosidade da parede da tubulação, isto é, a altura das asperezas, maior será a turbulência do escoamento e logo, maior será a perda de carga. As perdas por resistência ao longo dos condutos são ocasionadas pelo movimento da água na própria tubulação. Segundo Azevedo Netto (1998), admite-se que essa perda seja uniforme em qualquer trecho de uma canalização de dimensões constantes, independentemente da posição da canalização, por isso são chamadas de perdas distribuídas.



O trabalho tem por objetivo comparar os resultados teóricos, aprendidos ao longo da disciplina, com resultados práticos, obtidos por meio da operação de um módulo que nos fornece perda de carga em tubos específicos.

2 MATERIAL E MÉTODO

Um módulo localizado no laboratório de Engenharia Química da URI- Câmpus Santo Ângelo foi utilizado para a realização do experimento, o módulo apresentava duas tubulações que foram usadas para a prática, cada uma medindo 0,5 m de comprimento e horizontalmente retilíneas, sem válvulas, curvas ou acessórios, mas contendo toda uma infraestrutura de apoio, como registros, bomba, medidores de vazão e pressão. Dentro das tubulações passava água e o líquido de indicação dos manômetros era tetracloroetileno. As tubulações utilizadas foram de PVC, com diâmetro de 21 mm, e aço inoxidável, com diâmetro de 12 mm. Todas as tubulações estudadas foram colocadas em nível na bancada de ensaios, permitindo assim calcular as perdas de carga distribuída.

A bomba foi ligada e o registro para entrada de água foi aberto, onde foram realizados dois testes para cada tubulação, utilizando vazões de água diferentes. Para o tubo PVC, as vazões marcadas foram de 12 L/min e 11 L/min e para o tubo de aço inoxidável, os testes foram com vazões de 2 L/min e 7L/min.

A equação de Darcy-Weisbach é uma das equações mais antigas usadas na mecânica dos fluidos. Ela tem por finalidade calcular a perda de carga em tubos transportando fluidos, podendo estes ser líquido ou gás. Essa equação é chamada de fórmula universal e pode ser expressada pela equação 1 a seguir:

$$h_D = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad \text{Equação 1}$$

Além disto, a perda de carga pode ser relacionada na Equação de Bernoulli, representada pela Equação 2, que nos descreve o comportamento de um fluido ao longo de um tubo.

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2} + z_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2} + z_2 + h_T - H \quad \text{Equação 2}$$

Já a diferença de pressão, na entrada para a saída do tubo, é dada pela altura fornecida pelo manômetro e calculada pela Equação 3.

$$\Delta P = \Delta h \cdot g \cdot \Delta \rho \quad \text{Equação 3}$$

Para a realização dos cálculos considerou-se que a temperatura ambiente no dia do experimento era de 24°C. Conferiu-se, então, a diferença de pressão marcada no piezômetro em cada caso e foram realizados os cálculos necessários para as perdas de carga experimentais, por fim comparando com as perdas de carga teóricas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Iniciou-se os cálculos para encontrar a perda de carga experimental, os valores encontrados estão apresentados na Tabela 1 a seguir.



Tabela 1. Dados experimentais dos tubos de PVC e aço inoxidável.

Constantes	Tubo PVC		Aço Inoxidável	
Q [L/min]	12	11	2	7
Δh [mm]	13	11	23	169
ΔP [Pa]	79,07	66,90	139,89	1027,89
h_D [cm]	0,4975	0,4209	0,8802	6,4680

Fonte: Os autores.

Dentre estes valores, a vazão (Q) e a altura manométrica (Δh) foram observados durante a prática. A diferença de pressão no tubo (ΔP) foi encontrada por meio da Equação 3, considerando-se a massa específica da água 0,9973 g/mL, a densidade do tetracloreto de carbono 1,62 g/cm³ e a aceleração da gravidade 9,81 m/s². Já a perda de carga distribuída (h_D) experimental foi encontrada pela Equação 2, considerando-se velocidade inicial e final da tubulação iguais e perda de carga localizada nula.

Em relação ao valor de perda de carga teórico, primeiramente calculou-se o valor de Reynolds, representado pela Equação 4 a seguir, sendo a viscosidade cinemática da água (μ) 0,000911 kg/ms e a velocidade do escoamento dada pela razão de vazão pela área da tubulação.

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad \text{Equação 4}$$

Em seguida utilizou-se a Equação 1 para encontrar a perda de carga, sendo que o fator de atrito (f) foi encontrado com o diagrama de Moody, considerando-se a rugosidade no tubo de PVC nula e no tubo de aço inoxidável igual à 0,002 mm. Levando em conta o comprimento do tubo como 0,5 metros. Os valores encontrados podem ser visualizados na Tabela 2 a seguir:

Tabela 1. Dados experimentais dos tubos de PVC e aço inoxidável.

Constantes	Tubo PVC		Aço Inoxidável	
Q [L/min]	12	11	2	7
v [m/s]	0,577	0,529	0,295	1,031
Re	1,2x10 ⁴	1,1x10 ⁴	3,5x10 ³	1,2x10 ⁴
f	0,03	0,03	0,04	0,03
h_D [cm]	1,212	1,019	0,739	6,770

Fonte: Os autores.

Realizando-se uma comparação dos resultados experimentais e teóricos quanto ao tubo de aço inoxidável, tem-se sua diferença em milímetros, sendo os erros experimentais das vazões de 2 e 7 L/min, respectivamente, 16% e 5% para este tubo. Esses valores são satisfatórios tendo em vista que o módulo apresentava algumas variações no manômetro ao longo do escoamento e era de difícil visualização. Provavelmente devido a esses mesmos problemas práticos, a comparação dos valores do tubo PVC apresentou erros experimentais de 144% e 142%, respectivamente, para as vazões de 12 e 11 L/min.

Ao se comparar as perdas de cargas dos dois tipos de tubulações, o que influencia de fato no resultado final é a velocidade do escoamento e o diâmetro dos tubos. O tubo PVC, tendo diâmetro maior, obteve uma perda de carga menor quando comparado ao aço inoxidável de vazão 7 L/min, sabendo que o diâmetro do tubo é inversamente proporcional a perda de carga. Já quando comparado ao aço inoxidável de vazão 2 L/min obteve perdas maiores, visto que tal tubo trabalhava



em velocidade muito baixa o que é proporcional a perda de carga baixa também. Em contrapartida, a rugosidade das tubulações pouco influenciou no valor final da perda de carga.

4 CONCLUSÃO

Com os cálculos realizados para chegar a perda de carga destaca-se a diferença para os resultados experimentais e teóricos para o PVC, com erros muito expressivos (superiores a 140%), provavelmente causados por erro na leitura dos valores do manômetro ou por mau calibração do equipamento. Os valores atribuídos experimentalmente para perda de carga distribuída no tubo PVC 21 mm foram de $4,975 \times 10^{-3}$ m e $4,209 \times 10^{-3}$ m, referentes respectivamente às vazões de 12 L/min e 11 L/min de água na tubulação, sendo que para as mesmas vazões os resultados teóricos apresentaram valores de $12,12 \times 10^{-3}$ m e $10,19 \times 10^{-3}$ m, respectivamente. No que diz respeito ao aço inoxidável 12 mm, foram calculados os valores para perda de carga de $8,802 \times 10^{-3}$ m e $6,468 \times 10^{-2}$ m, respectivamente com vazões de 2 L/min e 7 L/min de água na entrada. Logo, os resultados para o aço inoxidável foram satisfatórios, com erros abaixo de 16% e destacando que a velocidade do escoamento alterou significativamente os valores de perda de carga distribuída, sendo que, quanto maior a velocidade maior será a perda de carga no escoamento.

NOMENCLATURA

h_D	Perda de carga distribuída	[m]
Δh	Altura manométrica	[mm]
f	Fator de atrito	[-]
L	Comprimento do tubo	[m]
D	Diâmetro do tubo	[m]
v	Velocidade do escoamento	[m/s]
g	Aceleração gravitacional	[m/s ²]
P	Pressão	[Pa]
ρ	Massa específica	[Kg/m ³]
h_T	Perda de carga total	[m]
Q	Vazão do escoamento	[m ³ /s]
Re	Número de Reynolds	[-]
μ	Viscosidade dinâmica	[m ² /s]

REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, J. M. de. **Manual de Hidráulico**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

ÇENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. **Mecânica dos fluidos – fundamentos e aplicações**. McGraw Hill, 2011.

WHITE, F. M. **Mecânica dos fluidos**. McGraw- Hill, 2005.



DETERMINAÇÃO DO TEOR DE AMIDO EM ARROZ BRANCO E INTEGRAL POR UM PROCESSO QUÍMICO ALCALINO

Paula Gabriela Dalla Porta^{1,*}, Gabriele Kuhn Dupont², 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

²Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus de Cerro Largo, Programa de Pós-graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis

*paulagabrieladallaporta@hotmail.com

Área do Trabalho: Química Geral, Inorgânica, Orgânica, Analítica e Físico-Química.

RESUMO

O arroz tem alto valor nutricional em função de sua composição química, que está diretamente relacionada com o tipo de arroz, sendo os componentes divididos nas diferentes frações do cereal. Um desses componentes é o amido, o qual se encontra como maioria em um grão de arroz e sendo ainda, de grande importância econômica em função de suas aplicações nos mais variados segmentos industriais. Diante do exposto, esse trabalho visa a extração do amido a partir do arroz branco e integral, por meio de um processo químico alcalino. A partir disso, os resultados apontaram que foi possível extrair um maior teor de amido do arroz branco, que foi de aproximadamente 34%, em comparação com o arroz integral, em que alcançou-se um teor de 28,6% de amido. Isso indica possivelmente, que o arroz branco detém maiores quantidades de amido em sua composição, do que o arroz integral, em função do seu processamento, uma vez que o arroz integral contém uma maior proporção de camadas externas, em relação ao endosperma, camada que contém maior teor de amido. Fato que diferencia do arroz branco, já que este, ao passar pelo processo de polimento, tem suas camadas mais externas removidas, o que facilita a extração do amido.

Palavras-chave: *Teor de amido, extração do amido, arroz branco, arroz integral.*

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, iniciou-se o plantio do arroz por volta do ano de 1540, espalhando-se pela região do Nordeste, e mais tarde por volta de 1904 surgiu-se as primeiras lavouras empresariais no estado do Rio Grande do Sul sendo considerado um cereal básico em diversos países (Bassinello, 2004).

O arroz (*Oryza sativa* L.) é consumido em todo o mundo por ser um dos cereais mais importantes por ser uma excelente fonte energia devido à alta concentração de amido, proteínas, vitaminas e minerais e de baixo teor de lipídios na alimentação humana. Anualmente sua produção é de aproximadamente 606 milhões de toneladas em todo o mundo, sendo o Brasil o maior produtor fora do continente asiático correspondendo a 50% da produção da América Latina (Fao, 2006; Conab, 2007).

Os tipos de arroz mais consumidos são o arroz branco, parboilizado e integral. Para a obtenção do arroz integral apenas a casca do grão é retirada, no caso do arroz branco todas as suas camadas externas tais como o pericarpo, tegumento, camada de aleurona e embrião são retiradas, resultando na redução de nutrientes, exceto o amido, originado diferenças na composição do arroz integral e branco (Denardin *et al.*, 2004). É uma matéria-prima rica em amido que são grânulos



poligonais e angulares, de pequeno tamanho, possuindo uma textura suave e com cozimento e sabor brando, não sendo um produto alergênico (Embrapa, 2007).

O amido é um polissacarídeo natural, sendo uma fonte de reserva de carboidratos em plantas e fonte de energia essencial para muitos organismos proporcionando cerca de 80% de calorias consumidas, pode ser utilizado pela indústria farmacêutica, têxtil, papel e principalmente alimentícia (Kiekow, 2014). Diante do exposto, esse trabalho visa a extração do amido de amostras de arroz branco e integral, por meio de um processo químico alcalino.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Matérias-primas e caracterização inicial

Como matérias-primas, empregaram-se amostras de arroz, classificadas, de acordo com Instrução Normativa da ANVISA (Brasil, 2009), como arroz branco (grupo beneficiado, subgrupo polido, classe longo, Tipo I) e arroz integral (grupo beneficiado, subgrupo integral, classe longo, Tipo I), adquiridos no comércio local, na cidade de Santo Ângelo, no Estado do Rio Grande do Sul.

Para verificação do teor de umidade, conforme a metodologia imposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), inicialmente foram aferidas 10 g da amostra em uma cápsula de porcelana e após, aquecida durante três horas em uma estufa na temperatura de 105 °C. Após, aferiu-se a massa novamente. O teor de umidade foi calculado pela Equação 1.

Em relação ao teor de cinzas, foram aferidos 10 g da amostra em uma cápsula de porcelana previamente aquecida e resfriada em um dessecador até a temperatura ambiente. Logo após, a cápsula contendo a amostra foi seca em mufla a 550 °C até a eliminação completa da matéria orgânica (LUTZ, 2008). Depois, a cápsula foi aferida novamente, e aplicou-se a Equação 2.

$$\% \text{ Umidade} = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{(m_f \times 100)}{m_i} \quad \text{Equação 2}$$

2.2 Extração e determinação do teor de amido

A metodologia de extração do amido foi adaptada de acordo com Fabian (2011). As amostras em triplicada de arroz foram secadas a 50 °C durante 24 horas. Posteriormente, os grãos foram submetidos ao moinho de facas para obtenção do farelo de arroz. Depois, as amostras permaneceram em banho-maria em água a 30 °C por 3 h na proporção de 10 g de amostra para 50 mL de água. Em sequência, as amostras foram encaminhadas para um liquidificador por 5 min juntamente com 50 mL de água e, após foram lavadas separadamente com solução de etanol a 70% e hidróxido de sódio na concentração de 0,1 mol.L⁻¹. Ao final, o amido precipitado foi obtido por meio do processo de peneiramento, filtração, seguido da centrifugação. Após isso, as amostras foram lavadas novamente com água, filtradas e secadas para posterior cálculo do teor de amido, por intermédio da Equação 3

$$\text{Teor de amido (\%)} = \frac{\text{massa de amido}}{\text{massa de arroz}} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de umidade e de cinza, para as amostras em triplicada de arroz branco e integral, os quais estão expressos como média, na Tabela 1.

Raschen *et al.* (2014), utilizando da mesma temperatura de 105°C para dessecação, encontrou umidades de 13,32%, para o arroz branco e 10,56%, para o arroz integral, as quais foram próximas as encontradas neste trabalho, de 9,75 e 9,39%, para o arroz branco e integral, respectivamente.

Em relação ao teor de cinzas, Pascual (2010), encontrou em seu trabalho que o arroz branco apresentou teor de cinza de 0,5%, o qual se aproximou ao encontrado neste trabalho, que foi de 0,78%. Já para o arroz integral, o autor indicou que encontrou cerca de 1,2% de cinzas, valor este, que diferiu consideravelmente ao obtido neste trabalho, que foi de 20,32%. O qual, pode ter sido ocasionado, possivelmente, em função da abertura em alguns momentos do forno durante o procedimento para remoção de outras amostras, ou até mesmo em razão do pouco tempo de aquecimento, ou ainda, do alto acúmulo de amostra em um mesmo recipiente de vidro, que dificultou na queima da amostra de forma mais efetiva.

Tabela 1. Teor de umidade e de cinzas.

Amostra arroz	% umidade	% cinzas
Branco	9,75	0,78
Integral	9,39	20,32

(Fonte: os Autores).

Por meio da aplicação do método de extração alcalina do amido em três amostras de arroz branco e integral, pode-se encontrar os teores de amido, os quais estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Teor de amido no arroz branco e integral.

Amostras	Teor de amido (%)	
	Arroz branco	Arroz integral
1	34,34	28,91
2	34,94	21,12
3	32,69	35,74
Média	33,99 ± 1,17	28,59 ± 7,32

(Fonte: os Autores).

Pode-se avaliar pela Tabela 2, que o arroz branco apresentou um teor de amido que se sobressaiu do encontrado para o arroz integral, nas duas primeiras amostras. Em função disso, e da média averiguada para os 3 ensaios, validou-se que extraiu-se mais amido do arroz branco, com um teor de aproximadamente 34%, em comparação com o arroz integral, em que encontrou-se cerca de 28,6%. O que indica possivelmente, que o arroz branco detém maiores quantidades de amido em sua composição, do que o arroz integral. De acordo com, Walter (2009), o processamento do arroz influencia diretamente na quantidade amido, como o arroz integral, o qual tem seu farelo removido durante sua produção. Em função disso, o arroz integral carrega menores quantidades de amido, encontrando em seu trabalho também maior teor de arroz branco, com 87,58%, para o arroz integral, de 74,12%.

No estudo de Fabian (2011), utilizando-se de uma mistura de farelo de arroz, empregando-se o mesmo processo de extração alcalina do amido, alcançou-se uma recuperação correspondente a 83%. Esse resultado estabelece, que podem ser extraídas altas quantidades de amido do arroz a partir do método de extração alcalina. No entanto, mesmo sendo desconhecido os tipos de arroz que se amostra empregada, pode-se averiguar que o teor de amido encontrado nessa literatura foi de



maior magnitude, do que o encontrado neste trabalho para os dois tipos de arroz empregados. Isto, pode ser justificado provavelmente, a ineficiência da lavagem com hidróxido de sódio, que não foi suficiente, uma vez que, a ação deste composto, é essencial para a extração das proteínas dos grânulos de amido, que é de difícil separação e, talvez desta forma, não tenha sido suficiente (Kiekow, 2014).

Walter (2009), encontrou em sua pesquisa, teores de amido em arroz integral entre 75,97 e 81,01%, os quais diferiram também, das quantidades encontradas neste trabalho. Mas segundo a mesma literatura, a concentração de amido no arroz pode variar devido a fatores genéticos e ambientais. Ainda, de acordo com Storck *et al.* (2005), o arroz branco, em seus experimentos, apresentou o maior conteúdo de amido, de 84,5%, sendo o arroz integral com 70,6%. Este menor conteúdo é esperado, visto que o arroz integral tem em seu grão, uma maior proporção de camadas externas, em relação ao endosperma, camada que contém maior teor de amido. Diferente do arroz branco, já que ao passar pelo processo de polimento, as camadas mais externas são removidas.

4 CONCLUSÃO

O arroz é um dos alimentos mais nutritivos e mais consumidos no mundo, sendo processado em grande escala no ramo industrial. Além disso, o seu tipo de beneficiamento influencia na composição nutricional dos cultivares de arroz, sendo que o arroz branco apresenta maiores teores de amido, em relação ao arroz integral, uma vez que contém mais camadas externas do que a endosperma, que compreende em sua maioria amido. Diante disso, encontrou-se o esperado nesse trabalho, no qual para o arroz branco extraiu-se um maior teor de amido de cerca de 34% e, para o arroz integral 28,6%. Embora, sejam quantidades inferiores as encontradas na literatura, ainda são considerados teores importantes, em vista, da ineficiência das lavagens, e talvez das perdas durante os procedimentos experimentais.

NOMENCLATURA

<i>mi</i>	Massa inicial de arroz	[g]
<i>mf</i>	Massa final de arroz	[g]
% <i>umidade</i>	Teor de umidade	(%)
% <i>cinzas</i>	Teor de cinzas	(%)

REFERÊNCIAS

BRASIL, instrução normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009. ANVISA. **Regulamento Técnico do Arroz**, D.O.U. - Diário Oficial da União; de 16 de fevereiro de 2009.

FABIAN, C.; AYUCITRA, A.; ISMADIJI, S.; JU, Y. Isolation and characterization of starch from defatted rice bran. **Institute of Chemical Engineers**, n. 42, p. 86-91, 2011.

KIEKOW, L. M. **Extração, purificação e caracterização do amido de arroz utilizando o método Al-Hakkak combinado com microfiltração**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.



LUTZ, A. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020, 2008.

PASCUAL, C. S.; **Efeitos da parboilização do arroz (*Oryza sativa* L.) integral sobre os compostos bioativos e a disponibilidade do amido**. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

RASCHEN, M. F. *et al.* Determinação do teor de umidade em grãos empregando radiação micro-ondas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 925-930, mai. 2014.

STORCK, C. R.; SILVA, L. P.; COMARELLA, C. G. Process influence on nutritional composition of rice grains. **Alim. Nutr. Araraquara**, v.16, n.3, p. 259-264, jul./set. 2005.



DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DA PERDA DE CARGA EM TUBOS DE DIFERENTES MATERIAIS

Bruna Schons Griep^{1*}, Milena Santiago Chiquim¹, 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.

*bruuna_sg@hotmail.com

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

Um fluido quando escoar por uma determinada tubulação tem a tendência de sofrer com efeitos de atrito, que ocasionam uma perda de energia, chamada de perda de carga. A perda de carga pode ser influenciada pelo diâmetro e comprimento do tubo, rugosidade da parede, propriedades do fluido e pela velocidade do escoamento. Diante disso, esse trabalho teve por objetivo avaliar a perda de carga em tubos de PVC e aço inox com diâmetros e vazões diferentes. Encontrou-se uma perda de carga igual a $5,51 \cdot 10^{-3}$ e $8,64 \cdot 10^{-3}$, para vazões de 4 e 8 L.min⁻¹, respectivamente, para o tubo de PVC. Já no tubo de aço inox, com vazões de 9 e 12 L.min⁻¹, a perda de carga foi de $4,9 \cdot 10^{-3}$ e $7,34 \cdot 10^{-3}$.

Palavras-chave: perda de carga, aço inox, PVC, tubos.

1 INTRODUÇÃO

O transporte de fluidos ocorre, geralmente, no interior de tubulações, e são deslocados através de bombas ou compressores. O dimensionamento das tubulações depende do conhecimento das perdas de cargas ocasionadas nas seções retas e nos acessórios que compõem o sistema de escoamento. Haverá perda de carga em um fluido por consequência do resultado do atrito com a parede, da alteração na direção, obstruções na trajetória do fluido e mudanças abruptas ou graduais na área (CREMASCO, 2014).

A perda de carga total, h_T , é considerada como a soma das perdas maiores, h_D , causadas por efeitos de atrito no escoamento completamente desenvolvido em tubos de seção constante, com as perdas localizadas, h_L , causadas por entradas, acessórios, variações de área e outras (FOX *et al.*, 2006).

A perda de carga distribuída depende de alguns fatores, tais como diâmetro e o comprimento do tubo, da rugosidade da parede, das propriedades do fluido, massa específica, viscosidade e da velocidade que está ocorrendo o escoamento (Çengel e Cimbala, 2011).

O cálculo de perdas permite a otimização de projetos, gerando economia na produção e eficiência das instalações hidráulicas. O estudo das perdas de carga é importante para o correto dimensionamento de sistemas de máquinas de fluxo e de tubulações em projetos hidráulicos, significando minimização dos custos do projeto e maior eficiência do sistema (FOX, 2010).

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi comparar as perdas de cargas distribuídas teóricas e experimentais do fluido água em um tubo de aço inoxidável com 16,2 mm de diâmetro e 500 mm de comprimento, nas vazões de 4 e 8 L.min⁻¹ e em um tubo de policloreto de vinila (PVC) com 21 mm de diâmetro e 500 mm de comprimento, nas vazões de 9 e 12 L.min⁻¹.



2 MATERIAL E MÉTODO

Os tubos utilizados para a determinação das perdas de carga têm material, comprimento e diâmetro especificados conforme exposto na Tabela 1. O fluido de escoamento, utilizado no experimento, é a água.

Tabela 1. Especificações dos tubos e vazões utilizadas.

Material	PVC	AÇO INOX
L [m]	0,5	0,5
D [mm]	21	16,2

(Fonte: Os Autores).

Para cada tubo, foram empregadas duas vazões diferentes, sendo de 12 e 9 L.min⁻¹ para o de PVC e 4 e 8 L.min⁻¹ para o de aço inoxidável.

Após o experimento, calculou-se inicialmente, a perda de carga teórica. Para isto, determinou-se a rugosidade relativa para cada tubo, dividindo a rugosidade do material pelo diâmetro do tubo.

Posteriormente, a partir da vazão estabelecida, calculou-se a velocidade de escoamento do fluido, utilizando a Equação 1.

$$\dot{V} = vA \text{ Equação 1}$$

Com a velocidade determinada, pôde-se calcular o número de Reynolds, aplicando a Equação 2.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \text{ Equação 2}$$

Empregando a rugosidade relativa e o número de Reynolds no Diagrama de Moody, aferiu-se o valor do fator de atrito (f), e, por fim, utilizando a Equação 3, foi possível determinar a perda de carga teórica referente a cada tubo nas diferentes vazões.

$$h_T = f \frac{L}{D} \frac{v}{2g} \text{ Equação 3}$$

Para a determinação experimental, aferiu-se a variação de altura e aplicou-se na Equação 4, a fim de encontrar a variação de pressão correspondente.

$$\Delta P = (\rho_{man} - \rho_{esc})gh \text{ Equação 4}$$

Por fim, a partir da diferença de pressão, determinou-se a perda de carga experimental referente a cada tubo nas diferentes vazões, por meio da Equação 5.

$$h_T = \frac{\Delta P}{\rho g} \text{ Equação 5}$$



Com os valores de perda de carga definidos, fez-se a comparação entre os resultados teóricos e experimentais, determinando ainda, o erro percentual correspondente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização do procedimento experimental, foi possível obter e analisar os resultados teóricos e experimentais.

Aplicando-se os valores de rugosidade e diâmetro, foi possível determinar a rugosidade relativa de cada tubo, uma vez que este leva em consideração a rugosidade do material e o diâmetro do tubo. A partir das vazões estabelecidas no experimento, calculou-se a velocidade de escoamento do fluido para os dois tubos nas diferentes vazões empregadas. Com estes valores, determinou-se o número de Reynolds e, empregando este valor encontrado e o de rugosidade relativa no Diagrama de Moody, foi possível aferir o valor do fator de atrito para cada caso, e, por fim, tendo todos os dados necessários, tornou-se possível a determinação das perdas de cargas teóricas. Estes valores estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados teóricos obtidos.

PARÂMETRO	TUBO PVC		TUBO AÇO INOX	
ϵ/D	0		0,00012	
\dot{V} [L.min ⁻¹]	12	9	4	8
v [m.s ⁻¹]	0,58	0,43	0,33	0,63
Re	$1,2 \cdot 10^4$	$9,03 \cdot 10^3$	$5,3 \cdot 10^3$	$1,02 \cdot 10^4$
f	0,029	0,031	0,04	0,033
h_D [m]	$11,84 \cdot 10^{-3}$	$6,95 \cdot 10^{-3}$	$6,85 \cdot 10^{-3}$	0,0206

Fonte: (Os Autores).

Já na determinação das perdas de carga experimentais, os dados de variação de altura encontrados, foram aplicados na Equação 4, onde determinou-se a variação de pressão correspondente, e os valores obtidos foram empregados na Equação 5, onde foi possível determinar a perda de carga experimental correspondente para cada tubo e nas diferentes vazões utilizadas. Estes resultados podem ser observados conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Variações de altura observadas experimentalmente.

PARÂMETRO	TUBO PVC		TUBO AÇO INOX	
\dot{V} [L.min ⁻¹]	12	9	4	8
Δh [mm]	12	8	9	40
ΔP [Pa]	72,04	48,03	54,03	84,76
h_D [m]	$7,34 \cdot 10^{-3}$	$4,9 \cdot 10^{-3}$	$5,51 \cdot 10^{-3}$	$8,64 \cdot 10^{-3}$

(Fonte: Os Autores).

Analisou-se que as perdas ocorridas experimentalmente foram menores do que as teóricas. Essa diferença pode ter sido ocasionada por um erro na leitura das alturas manométricas ou do próprio equipamento não estar calibrado corretamente.

Pode-se notar que houve um erro experimental de 38% e 29,5% para o tubo de PVC, já para o tubo de aço o erro experimental foi de 19,5% e 58%. Podemos afirmar que o PVC teve uma perda de carga menor do que o tubo de aço, isso se deve ao fato de que o PVC é um tubo liso, o que faz com que o líquido escoe mais facilmente e a sua rugosidade tende a ser zero. Enquanto o aço possui

uma maior rugosidade e sofre maior influência das paredes, o que dificulta o escoamento do líquido. Cabe destacar ainda que, o tubo de PVC utilizado na prática, não é novo, podendo ter sua rugosidade alterada.

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, pôde-se perceber que o maior erro percentual de perda de carga ocorreu no tubo de aço inoxidável. Isso é devido ao tubo de PVC ter uma rugosidade menor, já que é considerado um tubo liso. Os erros experimentais obtidos podem ser justificados devido ao tempo uso dos tubos, o que pode ter modificado sua rugosidade.

NOMENCLATURA

L	Comprimento da tubulação	[m]
D	Diâmetro da tubulação	[mm]
ε	Rugosidade	[-]
\dot{V}	Vazão	[L.min ⁻¹]
v	Velocidade	[m.s ⁻¹]
Re	Reynolds	[-]
f	Fator de atrito	[-]
μ	Viscosidade dinâmica	[kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]
h_D	Perda de carga distribuída	[m]
g	Gravidade	[m.s ⁻²]
ρ	Massa específica	[kg.m ⁻³]
Δh	Diferença de altura	[mm]
ΔP	Variação de pressão	[Pa]
A	Área	[m ²]

REFERÊNCIAS

CREMASCO, M. A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos**. Edgard Blucher, 2014.

ÇENGEL, Yunus A; CIMBALA, John M. **Mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill, 2011.

FOX, Robert W. *et al.* **Mecânica dos fluidos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2006.

FOX, R. W., MCDONALD, A. T., PRITCHARD, P. J. **Introdução a Mecânica dos fluidos**. 7. ed. LTC, 2010.



EFICIÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO CARVÃO DE CAROÇO DE BUTIÁ (*Butia capitata*) PARA A PURIFICAÇÃO DA ÁGUA DO RIO SÃO JOÃO

Larissa de Oliveira Liberalesso^{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

*larissaliberalesso@aluno.santoangelo.uri.br

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

RESUMO

As indústrias produtoras de suco, geleias, polpas, sorvetes e bebidas alcoólicas são responsáveis pela geração de toneladas de resíduos agroindustriais. Os principais resíduos gerados são as cascas, sementes e caroços provenientes dos esmagamentos de frutas. Desse modo, é essencial a busca por métodos sustentáveis de descarte ou utilização destes resíduos. Diante disso, este trabalho teve como objetivo de produzir um carvão ativado de caroço de butiá para purificação da água do rio São João-RS. Nos parâmetros físico-químicos analisados, percebe-se que todos os valores para o carvão ativado aumentaram quando comparados à água bruta do rio. Isso se deve ao fato de que o carvão não foi ativado ou carbonizado corretamente, pois ao deixar em contato com água esta se tornava acinzentado. Contudo, novos testes serão realizados para ajustes de filtração, na produção do carvão e sobre a conclusão final da utilização do caroço de butiá como carvão na purificação da água de rio das cidades.

Palavras-chave: *Caroço de butiá, carvão, água.*

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura é um dos setores de maior destaque do agronegócio brasileiro. Através de uma grande variedade de culturas, produzidas em todo o país e em diversos climas, a fruticultura conquista resultados expressivos e gera oportunidades para os pequenos negócios brasileiros. O processamento de frutas atende aos segmentos de sucos, geleias, polpas, sorvetes e bebidas alcoólicas. (Sebrae, 2015).

As indústrias produtoras de suco de frutas e polpas congeladas são uma das principais responsáveis pela geração de toneladas de resíduos agroindustriais. Os principais resíduos gerados na indústria são as cascas, sementes e caroços, provenientes dos esmagamentos de grandes quantidades de frutas para elaboração dos produtos naturais (Amorim, 2016).

Contudo, é essencial a busca por métodos sustentáveis de descarte ou utilização deste subproduto. Existe um número considerável de estudos sobre materiais residuais para a produção de carvão ativado com intuito de diminuir os resíduos e o impacto ambiental (Dias et al., 2007). Deste modo, ressalta-se a sugestão do caroço de butiá como subsídio para a produção de carvão ativado, como forma de reaproveitamento do resíduo para a utilização no tratamento de efluentes (Heylmann, 2015).

A adsorção em carvão ativado tem sido usada como etapa essencial ao tratamento de água convencional, sendo um dos adsorventes mais eficientes. Existem dois tipos de formas de carvão ativado: carvão ativado pulverizado e carvão ativado granular. Referindo a utilização do carvão



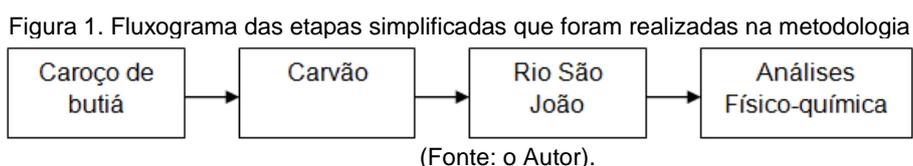
ativado pulverizado, serve para o tratamento específico da água com intuito de remover compostos orgânicos. Para o carvão ativado granular, convém a utilização na filtração ou como meio filtrante da água (Claudino, 2003).

Dessa forma, o presente trabalho tem o objetivo de produzir carvão ativado a partir do reaproveitamento do caroço de butiá, com a finalidade de purificação da água do Rio São João do município de Santo Ângelo, além de verificar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

2 MATERIAL E MÉTODO

Foi feita a realização do carvão ativado a partir de caroço de butiá, bem como sua utilização na purificação da água do Rio São João, através de análises físico-químicas, para determinar a eficiência do carvão utilizado.

A produção de carvão ativado foi feita a partir de resíduo de butiá, mais precisamente o caroço da fruta. O resíduo foi adquirido por uma agroindústria localizada no interior do município de Giruá-RS. As etapas do procedimento experimental podem ser visualizadas no fluxograma da Figura 1.



Os caroços de butiá, inicialmente, passaram por um processo de lavagem em água corrente e água destilada, caso apresentasse algum resíduo de polpa ou fibra, na amostra. Após isso, realizou-se o processo de secagem em estufa com temperatura de aproximadamente 50 °C, para evitar a proliferação de microrganismos, aumentar o tempo de vida útil e retirar a umidade.

Para a ativação, usou-se a metodologia realizada para caroço de manga, descrita por Teles e Furtado (2016), mediante alterações. Dissolveu-se 5 gramas de agente ativante de hidróxido de sódio (NaOH) em 500 mL de água destilada, até formar a solução ativante na qual adicionou a amostra de caroço de butiá desidratado, deixando em contato durante 24 horas.

O processo de carbonização para o carvão ativado, consta em que a amostra de caroço de butiá impregnada com ativante químico de hidróxido de sódio (NaOH), passasse pelo processo de secagem em estufa com temperatura de aproximadamente 50 °C durante 6 horas. Depois da secagem, as amostra foram calcinadas em um forno mufla a uma temperatura de 400 °C por 15 minutos, na ausência de oxigênio para evitar a queima total do carvão ativado.

Após essa etapa, o carvão foi resfriado, lavado várias vezes em água corrente para a retirada do excesso do agente químico ativante, e novamente, realizado o processo de secagem. Com isso fez-se a pulverização do carvão ativado, com o intuito de homogeneizar a granulometria dos sólidos com uso do pistilo e gral, para posteriores análises realizado na água do rio São João.

Foram realizadas análises de turbidez, pH, sólidos totais, DBO, DQO, sólidos suspensos e solúveis, *Escherichia coli*, coliformes totais e oxigênio dissolvido. Os parâmetros mencionados anteriormente seguiram a metodologia de American Public Health Association (1989) e realizados em triplicatas. Na Figura 1 mostra a metodologia simplificada que foi realizada para este trabalho.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como descrito na metodologia o caroço de butiá primeiramente foi desidratado para posterior ativação, na Figura 2 mostra o carvão na solução de NaOH para depois ser carbonizado.

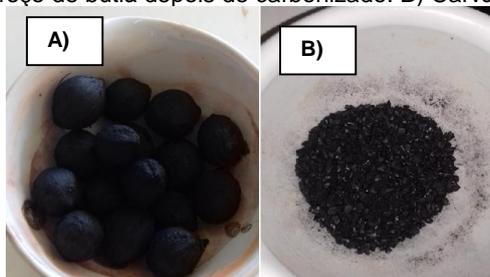
Figura 2. Solução de hidróxido de sódio com o caroço de butiá.



(Fonte: o Autor).

Depois de ativado foi colocado na mufla para ser carbonizado como mostrado na Figura 3, sendo este o carvão inteiro e após ser pulverizado.

Figura 3. A) Caroço de butiá depois de carbonizado. B) Carvão já pulverizado.



(Fonte: o Autor).

Utilizou-se do carvão de caroço de butiá 5 gramas em 100 mL de água do rio São João, com uma hora de agitação magnética, para analisar os parâmetros físico-químico e microbiológicos, conforme mostrado na Tabela 2 os resultados obtidos.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos analisados para água bruta e após o carvão ativado.

	Água Bruta	Filtro de carvão ativado
Turbidez	13,97 NTU	17,83 NTU
pH	7,71	9,05
Sólidos totais	0,174 mg/L	0,616 mg/L
DBO	0,004 mg/L	0,016 mg/L
DQO	371,82 mg/L	110,88 mg/L
<i>Escherichia coli</i>	Presente	Presente
Coliformes totais	Presente	Presente
Oxigênio dissolvido	7,69 mL	7,25 mL
Sólidos suspensos	0,036 mg/L	0,044 mg/L
Sólidos dissolvidos	0,158 mg/L	0,196 mg/L

(Fonte: o Autor).



Observou-se que, para as amostras tratadas com carvão ativado ocorreram em todos os parâmetros algumas alterações quando comparadas com a água bruta, bem como na parte dos coliformes totais e *Escherichia coli* em que houve presença tanto na água bruta quanto na passagem do filtro. Sendo que a cor não pode ser feito pelo fato de ter ficado acinzentado, ou seja, ter passado algum pó ou pedaços menores do carvão de butiá, influenciando assim na qualidade da água. Na questão do pH ter aumentado, este pode ter influência por causa da presença de hidróxido de sódio transferido para a amostra da água do rio.

Novos testes estão previstos, com o objetivo de melhorar a forma de filtração, evitando o arraste do pó e alguns restos de carvão, para a partir daí verificar a real possibilidade da utilização do carvão oriundo do endocarpo do Butiazeiro como forma alternativa no tratamento para as águas.

4 CONCLUSÃO

Os valores obtidos na prática afirmam que ao utilizar carvão do caroço de butiá com ativação de hidróxido de sódio neste trabalho, aumentam todos os parâmetros, sendo que estes deveriam diminuir. Já em função do pH, pode ter ocorrido de passar o hidróxido de sódio do carvão para a amostra, preocupando com relação a ingestão da água filtrada pelo carvão. Desse modo, novos testes serão realizados para ajuste de filtração, na produção do carvão de modo diferenciado e sobre a conclusão final da possibilidade de utilizar o caroço de butiá como carvão sendo uma alternativa de purificação da água de rio nas cidades.

NOMENCLATURA

pH	Potencial hidrogeniônico	[-]
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio	[mg/L]
DQO	Demanda Química de Oxigênio	[s]
NaOH	Hidróxido de sódio	[mg/L]

REFERÊNCIAS

A. P. H. A. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American public health association, 1989.

AMORIM, Q. S. **Resíduos da indústria processadora de polpas de frutas: capacidade antioxidante e fatores antinutricionais**. 89 f. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2016.

CLAUDINO, A. **Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes**. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. FL. 2003

DIAS, J. M.; ALVIM-FERRAZ, M. C. M.; ALMEIDA, M. F.; RIVERA-UTRILLA, J.; SÁNCHEZ-POLO, M. Waste materials for activated carbon preparation and its use in aqueous-phase treatment: A review. **Journal of Environmental Management**, 85(4), p. 833-846, 2007.



HEYLMANN, K. K. A. **Produção, caracterização e aplicação de carvão ativado de caroço de pêssego no tratamento de efluente têxtil.** 2015. 74f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

SEBRAE. Agronegócio – Fruticultura. **Boletim de Inteligência.** 2015. Disponível em:<[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/\\$File/5791.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/$File/5791.pdf)> Acesso em: 08 de abril de 2019.



ESTUDO DA ADSORÇÃO DO CORANTE VERMELHO PROCION UTILIZANDO BAGAÇO DE GUABIROBA TRATADA COMO ADSORVENTE

Taynan José Bender^{1,*}, Daniel M. Fernandes¹, Suelly Ribeiro Hollas¹, William de Avila Cruz¹, Isaac dos Santos Nunes¹

¹Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química
*taynanjbender@aluno.santoangelo.uri.br

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

Atualmente, novas técnicas estão sendo estudadas para tratamentos de efluentes têxteis devido a sua complexidade, carga tóxica e inconsistência. A adsorção vem demonstrando resultados promissores. Pensando nisso, este trabalho avaliou a eficiência do método de adsorção na remoção para o corante vermelho procion, utilizando como adsorvente o bagaço de guabiroba modificada com NaOH, determinando o pH que melhor influencia na adsorção e analisando as curvas cinéticas de cinco diferentes dosagens do adsorvente. Em relação à influência do pH, o melhor resultado foi 2,0, e todos os ensaios foram nessa condição, determinando com a massa de 0,1 g de adsorvente uma porcentagem de remoção do corante de 66,5%, com capacidade adsorptiva de 6,65 mg g⁻¹. Os resultados são favoráveis quando comparados com a literatura, mas é possível obter uma eficiência maior, através de diferentes tratamentos.

Palavras-chave: *adsorção, bagaço de guabiroba modificado, corante vermelho procion.*

1 INTRODUÇÃO

Os corantes são substâncias amplamente utilizadas por diversas áreas industriais com o intuito de colorir seus produtos. Seu descarte na forma de efluentes pode causar danos ao meio ambiente e à saúde humana, tornando-se necessário o estudo de formas de tratamento eficientes na remoção de corantes (ALVAREZ *et al.*, 2013).

Desse modo, a operação unitária que mais se destaca é a técnica de adsorção que se apresenta como a mais atrativa devido ao custo, flexibilidade, simplicidade de projeto e facilidade de operação (IMMICH, 2006).

Os resíduos agroindustriais apresentam-se como alternativas de adsorventes no processo de adsorção de resíduos de efluentes industriais, por apresentar baixo custo e disponibilidade, o que agrega o processo reduzindo custos (GELAIN *et al.*, 2012). Assim, o bagaço de guabiroba vem em foco por ser uma fruta que se apresenta em abundância na Região Sul do Brasil.

Dentro desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade do processo de adsorção, empregando como adsorvente o bagaço de guabiroba (BG) tratado com NaOH, para a remoção do corante vermelho procion (VP). Foi estudando o melhor ajuste de pH, e avaliado o comportamento cinético em diferentes massas de adsorvente (0,05; 0,10; 0,15; 0,20; e 0,25 g) na concentração de 50 mg L⁻¹ do corante em estudo.



2 MATERIAL E MÉTODO

O tratamento em meio básico foi realizado com agitação da biomassa BG em solução de NaOH 1 M na proporção de 1 g para 10 mL, por um tempo de 1 h, logo após foi filtrado e seco em estufa a 60 °C por 24 h.

As soluções de corante VP foram obtidas a partir da diluição de uma solução estoque (1 g L⁻¹). Os experimentos de adsorção foram realizados em um agitador com rotação de 180 rpm.

Primeiramente investigou-se o efeito do pH colocando-se nove Erlenmeyer cada uma com faixa de pH, de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10, ajustando com soluções de 0,1 M de NaOH e de HCl, com 20 mL de solução na concentração inicial do corante de 20 mg L⁻¹ e tempo de contato de 2 h, com 0,02 g da biomassa BG modificado em cada Erlenmeyer.

Os ensaios de adsorção foram realizados variando-se massas adsorventes de 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; e 0,25 g em 20 mL de solução do corante VP, porém na melhor faixa de pH, variando o tempo nos seguintes intervalos: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 45, 60, 90 e 120 min, na concentração de 50 mg L⁻¹. Para todos os experimentos, a leitura da absorbância foi realizada com auxílio do espectrofotômetro UV/Vis, utilizando o comprimento de onda de 512 nm. A capacidade de adsorção no tempo (q_t) e a porcentagem de remoção foram calculadas pelas Equações 1 e 2, respectivamente:

$$q_t = \frac{(C_o - C_t)}{m} \times V \quad \text{Equação 1}$$

$$\eta = \frac{(C_o - C_t)}{C_o} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

sendo, C_o e C_t as concentrações de corante no início e no tempo t , respectivamente, m a massa de adsorvente e V o volume de solução.

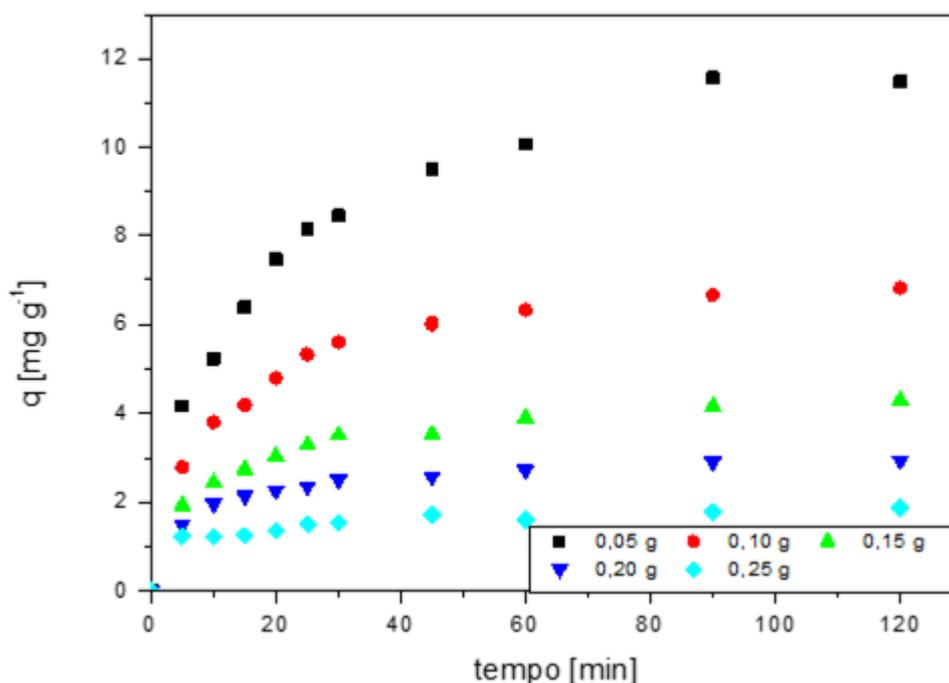
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No processo de adsorção, o pH da solução apresenta-se como um fator que pode influenciar as condições de operação, uma vez que a variação pode aumentar ou diminuir significativamente a capacidade adsorptiva dos materiais, ativando ou desativando sítios ativos presentes (GRAEBIN, 2014).

Deste modo, determinou-se o pH de melhor remoção do corante VP no processo adsorptivo, encontrando-se o valor de 2. De acordo com Dallago *et al.* (2005), a acidez do meio afeta o equilíbrio químico dos grupos iônicos (forma dissociada ↔ forma molecular) presentes tanto no adsorvente como no adsorvato, influenciando em suas interações de caráter eletrostático.

A Figura 1 apresenta os resultados dos ensaios de adsorção para a concentração inicial de 50 mg L⁻¹ de corante VP, em pH 2, com massas 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; e 0,25 g de BG modificado.

Figura 1. Curva cinética processo de adsorção do corante VP utilizando BG modificado em diferentes dosagens adsorventes.



(Fonte: o Autor)

Observando a Figura 1 verifica-se que as massas de 0,10; 0,15; e 0,20 g de adsorvente tiveram mesmo tempo de equilíbrio de 60 min, já as massas de 0,05 e 0,25 g entram em equilíbrio no tempo de 90 e 45 min, respectivamente. Com a massa de 0,05 g de BG modificado, alcançou-se uma eficiência de remoção de 57,8%, com uma capacidade adsorptiva de $11,57 \text{ mg g}^{-1}$. A massa de 0,10 g de BG modificado apresentou uma remoção de 66,5% e capacidade de $6,65 \text{ mg g}^{-1}$. Quando se utilizou 0,15 g, obteve-se capacidade adsorptiva de $4,16 \text{ mg g}^{-1}$ e remoção de 62,4%. Para 0,20 g, obteve-se uma capacidade de $2,91 \text{ mg g}^{-1}$ e remoção de 58,1% do corante VP. Aumentando a massa de BG modificado para 0,25 g, a capacidade adsorptiva observada foi de $1,72 \text{ mg g}^{-1}$ e remoção de 43,1%.

Considerando-se as eficiências de remoção apresentadas, pode-se definir como a melhor condição a quantidade de 0,10 g de BG modificado, apresentando a maior remoção dentre as massas testadas, equivalente a 66,5%. Georgin *et al.* (2016), realizaram testes com casca do abacate modificada com diferentes ácidos na adsorção do corante VP, com 0,3 g de biomassa em pH 6,5, obtiveram remoções de 81,6% e 74,1% com os ácidos HNO_3 e H_2SO_4 , respectivamente. Percebe-se que os valores obtidos no presente trabalho são satisfatórios, quando comparados à literatura.

Mesmo os resultados aqui obtidos mostrando valores promissores, provavelmente não há viabilidade de utilização deste método em escala industrial, devido ao alto custo de operação em relação à correção até o pH 2,0. Uma solução seria outro tipo de modificação como o tratamento



ácido, como de Georjgin *et al.* (2016) ou uma modificação por ultrassom, provocando ranhuras aumentando a área superficial do material o que proporciona um número maior de sítios de adsorção (STEFFEN *et al.*, 2016). Tais sugestões poderão embasar futuros estudos, eliminando a necessidade de correção do pH para valores tão extremos, como os empregados aqui, que encarecem a operação.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo mostram que o BG modificado tem potencial como adsorvente, que com 0,1 g, obteve-se capacidade adsorptiva de 6,65 mg g⁻¹, removendo cerca de 66,5% do corante vermelho procion. Nos ensaios de adsorção do corante em estudo utilizando se a biomassa tratada, os valores de pH de 2,0 mostrou-se o mais indicado na remoção deste poluente. Entretanto mesmos com valores satisfatórios, não é viável a implementação como tratamento de efluentes, devido ao elevado custo dos reagentes para ajuste de pH.

NOMENCLATURA

BG	Bagaço de Guabiroba	[-]
VP	Vermelho procion	[-]
q_t	Capacidade de adsorção	[mg g ⁻¹]
C_o	Concentração inicial	[mg L ⁻¹]
C_t	Concentração com o tempo	[mg L ⁻¹]
V	Volume da solução de efluente sintético	[L]
m	Massa	[g]
η	Eficiência de remoção do corante	[%]

REFERÊNCIAS

- ÁLVAREZ, M. S.; MOSCOSO, F.; RODRÍGUEZ, A.; SANROMÁN, M. A.; DEIVE, F. J. Novel physico biological treatment for the remediation of textile dyes-containing industrial effluents. **Bio. Tech.** 146 (1), 689-695, 2013.
- DALLAGO, R. M.; SMANIOTTO, A.; OLIVEIRA, L. D. Resíduos sólidos de curtumes como adsorventes para a remoção de corantes em meio aquoso. **Química Nova**. Vol.28. n. 3, p. 433-437. 2005.
- GELAIN, L.; ANTUNES, M.; GIOVANELA, M. Adsorção de íons Zn²⁺ pelo bagaço de uva Isabel em meio aquoso. In: **3º Congresso Internacional de Tecnologias Para o Meio Ambiente**, 2012.
- GEORGIN, J.; HERNANDES, P.; CABRAL, L.; PERES, E. C.; G.L. DOTTO, G. L.; ALLASIA, D. Uso da casca do abacate modificada quimicamente na adsorção do corante vermelho procion. 2018. **12º Encontro Brasileiro de Adsorção - EBA**. Gramado/RS, 2018.
- GRAEBIN, G. O. **Secagem do bagaço de cana-de-açúcar e estudo da sua aplicação na remoção de metal pesado**. 133 f. Dissertação – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2014.



IMMICH, A. P. S. **Remoção de corantes de efluentes têxteis utilizando folhas de Azadirachta indica como adsorvente.** 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2006.

STEFFEN, A. C.; PERES, E. C.; ZAGO, M.; DOTTO, G. L.; ABAIDE, E. R.; NUNES, I. dos S. Avaliação da Capacidade de Adsorção do Corante Violeta Cristal utilizando Bagaço de Malte In Natura e modificado por Ultrassom. 2018. **12º Encontro Brasileiro de Adsorção - EBA.** Gramado/RS, 2018.



ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE OBTENÇÃO DE BIOFILMES DE AMIDO DE MILHO

Gabriela Rodrigues Skupin ^{1,*}, Danieli Emmel Becker ², Michele Cristiane Musialowski ², Patricia Siqueira Alves ²

¹Colégio Estadual Onofre Pires, Santo Ângelo – RS

²Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*gabriela-skupin@hotmail.com

Área do Trabalho: Ciência e Engenharia dos Materiais.

RESUMO

Os polímeros são produzidos, principalmente, de fontes não renováveis, como o petróleo. O descarte inadequado desses materiais, ocasiona problemas ambientais por causa do seu elevado tempo de degradação. Já os polímeros biodegradáveis são confeccionados utilizando matérias-primas de fontes renováveis, sem causar danos ao meio ambiente e com degradação rápida pela ação dos microrganismos. O amido é uma das matérias-primas utilizadas nos biofilmes pois alia preço baixo, grande quantidade, propriedades termoplásticas, e biodegradabilidade. A adição de glicerol nos biofilmes é necessária para ajudar na interação das cadeias do amido, elevando a mobilidade das moléculas e a flexibilidade dos filmes. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo ajustar e determinar uma metodologia para a produção de um polímero biodegradável a partir do amido de milho. Para tanto, confeccionaram-se soluções filmogênicas com água, amido e glicerol; seguido da secagem em placas de Petri e análise subjetiva dos filmes. A partir dos resultados dos testes experimentais, conseguiu-se definir a metodologia do teste 3 como a melhor na obtenção de biofilme a partir de amido de milho. Também se verificou que o sorbato de potássio foi eficiente para impedir a multiplicação de microrganismos, e que o papel *contatc* foi eficaz para impedir a fixação do filme na placa de Petri.

Palavras-chave: *polímeros, biodegradabilidade, biofilmes, amido.*

1 INTRODUÇÃO

Os polímeros são constituídos de unidades de repetição, ligadas entre si por ligações covalentes, que conferem ao material características, como o isolamento térmico (WAN; GALEMBECK, 2001). A principal matéria-prima para a produção de polímeros é o petróleo, que é uma fonte fóssil, ou seja, não renovável (MICHAELI, 1995). O descarte inadequado dos polímeros, pela população e indústrias, vem gerando problemas ambientais, em rios, mares e solos; sendo que esses materiais demoram muito tempo para se decompor, em decorrência das características de resistência às radiações, ao calor, ao ar, à água e a ação de microrganismos (ALTMANN; ATZ; ROSA, 2018).

Em meio a isso, surgiram pesquisas para o desenvolvimento de polímeros biodegradáveis, produzidos com matérias-primas renováveis, que não oferecem risco ao meio ambiente e se decompõem em pouco tempo pela ação dos microrganismos do solo. Os filmes biodegradáveis podem ser utilizados, principalmente, na cobertura de alimentos, em materiais plásticos comestíveis, em pratos e garfos descartáveis e vasos para flores temporárias. Dentre as matérias-primas



utilizadas para a obtenção dos biofilmes tem-se os polissacarídeos, como o amido de milho, obtidos de fontes agrícolas. O amido de milho combina preço, abundância, comportamento termoplástico, além de biodegradabilidade, sendo o um dos principais materiais empregados na produção de biofilmes (TEIXEIRA; PERON, 2013).

Na produção de biofilmes de amido, existe uma baixa compatibilidade entre os componentes, fazendo necessário a incorporação de algum aditivo, como plastificantes ou compatibilizantes, para atuar como ligante entre os elementos da mistura. Os plastificantes utilizados devem ser compatíveis com os biopolímeros, sendo que os mais estudados em relação aos filmes de amido são os polióis, como o glicerol e o sorbitol, materiais que interagem com as cadeias do amido, aumentando a mobilidade molecular e conseqüentemente, a flexibilidade dos seus filmes (TEIXEIRA; PERON, 2013).

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo ajustar e determinar uma metodologia para a produção de um polímero biodegradável a partir do amido de milho, com intuito de reduzir o volume de problemas ambientais causados por seus resíduos e facilitar a sua degradabilidade. Bem como, analisar os filmes poliméricos obtidos por meio de análise subjetiva.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para definição da metodologia a ser empregada na obtenção de biofilmes a partir do amido de milho, inicialmente realizou-se o primeiro teste, no qual preparou-se em um béquer cada uma das soluções filmogênicas, misturando-se 100 mL de água destilada, 5% amido – em relação à quantidade de água –, e 20% de glicerol – em referência à massa de amido. Após, colocou-se a solução em banho-maria, com temperatura entre 70 a 90 °C, durante 15 minutos. Na sequência, esperou-se esfriar e transferiu-se a solução para placas de Petri, em cada uma adicionou-se 25 g da solução. A seguir, o conjunto das placas de Petri e soluções, foi seco em estufa com temperatura de 40 °C, durante 24 horas.

No segundo teste, preparou-se a solução filmogênica da mesma maneira que no primeiro teste, mas com adição de 0,5 g de sorbato de potássio. E no terceiro teste, novamente, empregou-se a metodologia descrita no primeiro teste, contanto, adicionou-se sorbato de potássio e aplicou-se o papel *contact* nas placas de Petri antes da transferência das soluções filmogênicas.

Na sequência, preparam-se biofilmes utilizando a metodologia do teste 3, onde alternou-se a quantidade de amido e glicerol, conforme Quadro 1. Em cada teste utilizou-se 0,5 g de sorbato de potássio a cada 100 mL de água. Também, transferiu-se cada solução filmogênica preparada para cinco placas de Petri – revestidas com papel *contact* –, as quais possuíam massas de 25, 30, 35, 40 e 45 g, respectivamente. Por fim, obteve-se os biofilmes e realizou-se a análise subjetiva dos mesmos.

Quadro 1. Dados para a preparação das soluções filmogênicas.

	Teste											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Amido (%)	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7
Glicerol (%)	20	20	20	20	30	30	30	30	40	40	40	40
Água (mL)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(Fonte: os Autores)

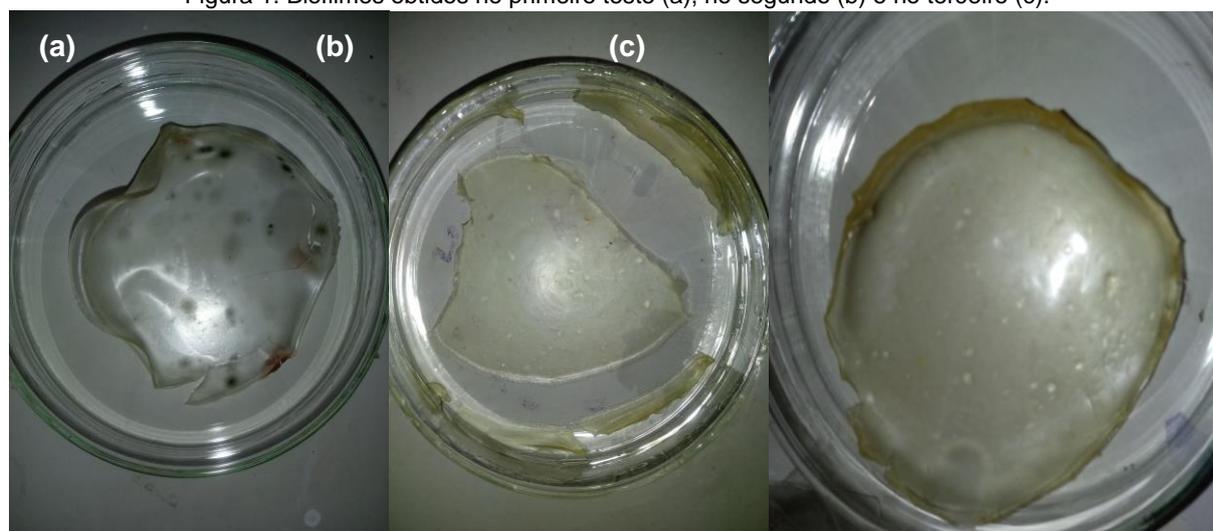
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização da parte experimental, obteve-se o biofilme da Figura 1 (a) para o primeiro teste, no qual percebeu-se a formação de microrganismos durante e após a secagem do filme, sendo que com o passar dos dias formaram-se culturas dos mesmos.

Para o combate às culturas de microrganismos, no segundo teste adicionou-se 0,5 g de sorbato de potássio, que segundo Altmann, Atz e Rosa (2018), é uma alternativa para impedir a multiplicação de microrganismos, devido a suas propriedades antimicrobianas. Com a adição do sorbato de potássio atingiu-se o filme da Figura 1 (b), em que não se observou, realmente, a formação de microrganismos, contanto, obteve-se um filme com a coloração mais amarelada.

Ainda quanto ao primeiro teste, percebeu-se que o filme aderiu a placa de Petri, e assim, no momento da remoção o filme acabou se quebrando. Dessa forma, com objetivo de solucionar tal problema, no terceiro teste, revestiu-se a placa com papel *contact* para de impedir que o biofilme se fixasse na placa, e o resultado obtido foi positivo, Figura 1 (c), pois o filme não apresentou aderência no papel *contact*, o que facilitou a remoção dos filmes, como também diminui as perdas do testes realizados.

Figura 1. Biofilmes obtidos no primeiro teste (a), no segundo (b) e no terceiro (c).

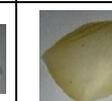
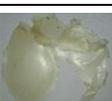


(Fonte: os Autores).

Após a realização dos testes iniciais, do ajuste e definição da metodologia do teste 3 como a melhor para a obtenção do biofilmes, realizaram-se os ensaios modificando-se a quantidade de glicerol e amido, nos quais percebeu-se por meio da análise subjetiva de coloração, rachaduras, aparência e maleabilidade aparente, que os testes 1, 2, 4, 5, 6, 9 e 10 apresentaram as melhores características, sendo que os mesmos podem ser visualizados na Quadro 2.

Ainda pode-se perceber que os testes realizados nas placas de Petri com 45 g apresentaram deformações, quebras, e devido a acentuada variação dos biofilmes obtidos nesse teste, a massa de 45 g foi excluída dos produtos com as melhores características, apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2. Biofilmes com as melhores características subjetivas.

	Teste						
Massa	1	2	4	5	6	9	10
25 g							
30 g							
35 g							
40 g							

(Fonte: os Autores)

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados dos testes experimentais, pôde-se ajustar e definir uma metodologia para a obtenção de biofilme a partir de amido de milho. Também, verificou-se que o sorbato de potássio foi eficiente para impedir a multiplicação de microrganismos nos biofilmes, e que o mesmo, deu ao filme uma coloração levemente amarelada. Além disso, constatou-se que o papel *contact* otimizou e facilitou a etapa de retirada do filme da placa de Petri. Ainda, com as análises subjetivas evidencia-se que os experimentos foram realizados com sucesso, uma vez que foi possível obter vários filmes biodegradáveis sem quebras, com aparências semelhantes ao do plástico comercial, e com certa maleabilidade.

REFERÊNCIAS

ALTMANN, I.; ATZ, N. R.; ROSA, S. M. L. Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos a partir de amido de milho: uma proposta experimental de produção de biofilmes em sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 1, p. 53-58, 2018.

MICHAELI, Walter; DIHLMANN, Christian. **Tecnologia dos plásticos**: livro texto e de exercícios. São Paulo: Edgard Blücher, 1995, 205 p.

TEIXEIRA, B. A.; PERON, C. L. **Produção e caracterização de biofilme a base de amido, biossurfactante e celulose bacteriana**. 2013. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

WAN, E.; GALEMBECK, E. Polímeros Sintéticos. **Química Nova na Escola**, v. Edição esp, p. 5–8, 2001.



EXTRAÇÃO DAS BETALAÍNAS DOS TALOS DA BETERRABA VERMELHA (*Beta vulgaris*)

Jéssica Macuglia Kumm^{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
*jessicakumm@outlook.com

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e Aplicações.

RESUMO

A beterraba vermelha é uma hortaliça que possui coloração vermelho-arroxeadada devido à presença das betalaínas, pigmentos hidrossolúveis, as quais podem ser divididas em duas classes, as betacianinas que são responsáveis pela coloração avermelhada e, as betaxantinas sendo responsáveis pela coloração amarelada, caracterizando a tonalidade típica das beterrabas. A extração é uma operação unitária que se utiliza nas indústrias para a obtenção de compostos que estão retidos na matriz dos alimentos, tais como os corantes, os quais são extraídos por meio de um solvente adequado que transpassa o sólido e solubiliza os compostos de interesse. Em vista da constante busca por produtos com caráter mais natural e o reaproveitamento de resíduos alimentícios, este trabalho teve como objetivo extrair as betalaínas presentes nos talos da beterraba vermelha, avaliando três tipos de solventes, água, álcool e uma solução com ambos, averiguando qual melhor adequa-se, através da quantificação do extrato obtido. Ao passo que, a água foi adotada como o solvente mais conveniente para esse caso.

Palavras-chave: *beterraba vermelha, extração sólido-líquido, betalaínas, corantes naturais, talos da beterraba.*

1 INTRODUÇÃO

Há décadas o desperdício de alimentos vem sendo um problema, pois além do desaproveitamento de comidas, envolve o desbarato dos recursos utilizados na produção dos mesmos, tais como terra, água, energia e insumos, aumentando as emissões de gases poluentes em vão (MIRABELLA *et al.*, 2014). Em vista de reduzir esse desperdício, há a possibilidade de utilizar os resíduos agroindustriais, tais como as cascas, talos, folhas, bagaços.

Atualmente, há diversas pesquisas para reutilização desses dejetos em diferentes áreas, a extração do corante natural é uma delas, sendo uma alternativa para a substituição dos corantes sinteticamente produzidos, devido à crescente busca por produtos cada vez mais orgânicos (VULIC *et al.*, 2012).

Um exemplo de resíduo com pouca exploração são os talos da beterraba, utilizados somente para alimentação animal ou fertilizantes orgânicos, quando não descartados. Entretanto, esses são uma grande fonte de pigmentos naturais, dessa forma podendo ser utilizados como subprodutos de rentabilidade. Esses pigmentos são as betalaínas, as quais são responsáveis pela coloração vermelho-arroxeadada de plantas como a beterraba.



As betalaínas são um grupo de pigmentos hidrossolúveis, existentes como sais internos nos vacúolos das células vegetais (DAMODARAM *et al.*, 2010). São compostos nitrogenados, resultantes do acoplamento do clomóforo ácido betalâmico com aminas primárias ou secundárias, e podem ser categorizadas em betacianinas e betaxantinas (LOPES *et al.*, 2009).

À vista disso, esse trabalho tem como objetivo extrair as betalaínas dos talos da beterraba vermelha, utilizando água e álcool etílico como solventes, e compará-los, conforme o teor de corante obtido.

2 MATERIAL E MÉTODO

A extração dos corantes dos talos da beterraba foi realizada de três formas, a primeira utilizando água como solvente, a segunda com etanol e, a última com uma mistura 50:50 de ambos solventes. Para isso, necessitou-se de 100 g dos talos, *in natura*, previamente lavados com água corrente e picados. Na primeira extração, adicionou-se os talos em um béquer contendo 300 mL de água destilada, e colocou-se em chapa de aquecimento à 50 °C durante 4 horas.

Na segunda extração, utilizou-se 200 mL de álcool etílico 99,5%, o béquer foi tapado com papel alumínio e ficou mantido em temperatura ambiente, o tempo de extração foi de 48 horas. Para a última extração, realizou-se o mesmo procedimento que a primeira, entretanto utilizou-se 150 mL de água e 150 mL de álcool etílico.

Por fim, quantificou-se as betalaínas extraídas, utilizando um Espectrofotômetro Ultravioleta-Visível (UV/Vis), UV-2600 Shimadzu de feixe duplo, com cubeta de quartzo e vidro, e lâmpadas de tungstênio e deutério, onde leu-se as absorvâncias nos comprimentos de onda (λ) de 536, 480 e 600 nm. De acordo com Ravichandran *et al.* (2013), o teor de betalaínas (BC) pode ser calculado com a Equação 1, e é dado em mg.L^{-1} .

$$BC = \left[\frac{A.DF.MW.1000}{\epsilon.l} \right] \quad \text{Equação 1}$$

Sendo MW a massa molar dos componentes, para as betacianinas usa-se 550 g.mol^{-1} e para as betaxantinas 308 g.mol^{-1} , ϵ é o coeficiente de extinção molar, 60,000 e 48,000 $\text{L.mol}^{-1} \text{ cm}$ em H_2O , para as betacianinas e betaxantinas, respectivamente, e "l" é o comprimento do percurso (cm). Para a quantificação as amostras foram diluídas em soluções de 1:10, deste modo, DF equivale a 10.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizou-se três extrações com cada solvente e, quantificou-se os teores de betacianinas e betaxantinas de todas as amostras, apresentados na Tabela 1. Ao verificar o aspecto visual dos extratos não se identificou grandes discrepâncias, todas as amostras apresentaram uma coloração arroxeada. Entretanto, após a quantificação nota-se que, em geral, os maiores teores obtidos foram com água, demonstrando ser esse o melhor solvente para a extração, seguido da solução 50:50 e em último caso o álcool etílico.



Tabela 1. Teor de betalaínas extraído nas respectivas amostras.

Solvente	Amostra	BC	BC	Média	Média
		betacianinas (mg L ⁻¹)	betaxantinas (mg L ⁻¹)	betacianinas (mg L ⁻¹)	betaxantinas (mg L ⁻¹)
Água	1	32,6333	16,5550	29,0583	13,5819
	2	31,7167	14,9508		
	3	22,8250	9,2400		
50:50	1	26,9500	12,0633	26,3390	10,9939
	2	30,5250	13,2825		
	3	21,5417	7,63583		
Álcool	1	10,1750	8,34167	11,9167	7,9353
	2	17,2333	9,30417		
	3	8,34167	6,1600		

Fonte: O Autor.

Chyocho e Freitas (2017) realizaram a mesma metodologia para o experimento em questão, porém compararam as absorvâncias dos extratos obtidos, utilizando $\lambda=535$ nm, com água e álcool etílico, variando o pH das soluções, e obtiveram uma absorvância de 0,1936 para água em pH 4 e 0,1497 para álcool etílico, ao comparar-se com os valores do presente trabalho esses são menores, tendo em vista que para água a média das absorvâncias foi de 0,4523 e para álcool 0,2670.

Por outro lado, Santos (2017) extraiu as betacianinas da beterraba vermelha através do método de microfiltração e encontrou uma concentração variável entre 10 e 36 mg de betacianina/ 100 mL de extrato, ou seja, entre 100 e 360 mg. L⁻¹, valor esse no mínimo 70% maior que o desse trabalho.

Após 45 dias refez-se as quantificações dos mesmos, deste modo visualizou-se que o extrato de álcool degradou cerca de 86,50%, além de ter apresentado uma mudança de coloração, passando de arroxeadada para esverdeada. Já as betalaínas extraídas em água degradaram 44,85%, e não apresentaram grandes alterações na cor, confirmando ser o melhor solvente para esse caso.

Ademais, foi possível verificar que em todas as amostras o teor de betacianinas superou o de betaxantinas, devido estas apresentarem-se de modo dominante nos talos. Segundo Tivelli (2011) as betacianinas são pigmentos de coloração vermelha, que contêm uma absorção de luz máxima de 540 nm, e encontram-se de modo dominante nos talos da beterraba, dentre 75 a 95%, já as betaxantinas estão presentes em menor percentagem, têm coloração amarelada e uma absorção de até 480 nm. Fato que justifica também os comprimentos de ondas utilizados nas leituras das absorvâncias no experimento.

Como a massa de talos utilizadas para a extração foi de 100 g, a porcentagem de betacianinas e betaxantinas presente nesses é igual a concentração média obtida, deste modo, para a extração com água, cerca de 29,06% dos talos são compostos por betacianinas e 13,58% de betaxantinas. Segundo Gonçalves (2012), de maneira geral, a quantidade de betacianinas e betaxantinas variam de 0,04 – 0,21% e 0,02-0,14% respectivamente, nas beterrabas vermelhas.

Os resultados apresentados pelos demais autores mostram-se distintos dos obtidos neste trabalho, com variações significativas, tanto inferiores quanto superiores. Esse fato se deve as diferenças dos cultivares, climas e regiões onde as amostras de talos foram coletadas.



4 CONCLUSÃO

Para a extração das betalaínas dos talos da beterraba o melhor solvente utilizado foi a água, tendo em vista que, com esse foi possível obter um maior teor de betacianinas e betalaínas, cerca de 29,06 mg L⁻¹ e 13,58 mg L⁻¹, respectivamente. Outro fato que comprova que a água é o solvente mais adequado é que essa tem uma menor degradação e não há alteração da sua coloração com o passar do tempo, tendo o álcool uma degradação 86,50% e a água 44,85%. Ademais, há vantagem na posterior aplicação, devido a compatibilidade da água com diversos produtos.

NOMENCLATURA

Λ	Comprimento de onda	[m]
BC	Teor de betalaínas	[mg L ⁻¹]
A	Absorção	[m]
DF	Fator de diluição	[-]
MW	Massa molar	[g mol ⁻¹]
E	Coefficiente de extinção molar	[L mol ⁻¹ cm ⁻¹]
L	Comprimento do percurso	[cm]

REFERÊNCIAS

CHYOSHO, Beatriz; FREITAS, Patrícia A. de M. Extração do corante da beterraba (*beta vulgaris*) para aplicação em cosméticos. In: SEMINÁRIO MAUÁ DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9, 2017, São Caetano. **Anais**. São Caetano: Instituto Mauá de Tecnologia, 2017.

DAMONDARAN, Srinivasan; PARKING, Kirk L., FENNEMA, Owen R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

GOLÇALVES, Letícia C. P. **Betalainas**: semissíntese, capacidade antirradicalar e aplicação como sondas em sistemas biológicos. 2012. 272 f. Tese de doutorado – Universidade Federal do ABC, Santo André, 2012.

LOPES, Nathana B. *et al.* Comparação de metodologias para a purificação de betalaína. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC, 2, 2009, Santo André. Santo André: Universidade Federal do ABC-UFABC, 2009.

MIRABELLA, Nadia; CASTELLANI, Valentina; SALA, Serenella. Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. **Journal of cleaner production**, Italy, n. 65, p. 28-41, 2014.

RAVICHANDRAN, Kavitha, *et al.* Impact of processing of beet on betalain content and antioxidant activity. **Food research international**, Germany n. 50, p. 670-675, 2013.

SANTOS, Cláudia D. **Extração, clarificação e estabilização de betalaínas provenientes de talos de beterraba vermelha (*Beta vulgaris L.*)**. 2017. 175 f. Tese de doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.



TIVELLI, Sebastião Wilson *et al.* Beterraba: do plantio à comercialização. **Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2011.

VULIC, Jelena *et al.* Antioxidant and cell growth activities of beet root pomace extracts. **Journal of functional foods**, Serbia, n.4, p. 670-678, 2012.

EXTRAÇÃO DE POLISSACARÍDEOS DO PAINÇO (*Panicum miliaceum*) E APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE BIOFILME

Carolina Smaniotto Fronza^{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

*carolsmaniottof@gmail.com

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

O painço é um grão de ciclo rápido com alto potencial de produtividade e baixo custo de produção. No Brasil ainda é pouco utilizado, sendo usado para trato animal e rotação de cultura. Os grãos de painço apresentam altas quantidades de polissacarídeos, como o amido, um polissacarídeo capaz de formar géis e dar estabilidade e estrutura a estes, tornando-se interesse de estudo como matéria-prima para produção de biofilmes. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi realizar a produção de biofilme utilizando-se como matéria-prima principal polissacarídeos extraídos dos grãos de painço. Como resultado da extração, teve-se extração de 54% do total de polissacarídeos disponível nos grãos produzindo com estes, biofilmes com espessuras de 0,35 a 0,46 mm.

Palavras-chave: *Extração de polissacarídeos, painço, biofilme.*

1 INTRODUÇÃO

O painço (*Panicum miliaceum*), Figura 1, é um grão de ciclo rápido com alto potencial de produtividade e baixo custo de produção. Seu cultivo apresenta vantagens como alta produção de forragem, adubo e palhada para o solo, além dos grãos possuírem nutrientes parecidos ou melhores que outros grãos, sendo ótima fonte de carboidrato, como o amido (KALINOVÁ, 2007). Mundialmente, conforme Habiyaremye et al. (2017), o painço sustenta mais de um terço da população mundial, principalmente na Ásia e África, onde é uma importante fonte de proteína. Entretanto, no Brasil, é pouco utilizado, sendo usado para trato animal e rotação de cultura, sem exploração industrial capaz de tornar o cultivo em grande escala atrativo (PEREIRA, 2010).

Figura 1: Grãos de painço da espécie *Panicum miliaceum*.



(Fonte: os Autores).

Como os carboidratos presentes nos grãos de painço são constituídos principalmente por polissacarídeos, ou seja, polímeros naturais formados por longas cadeias ligadas entre si, muito se tem estudado sobre as possibilidades de aplicação do mesmo em novas áreas. O amido, por



exemplo, é um polissacarídeo formado por moléculas de amilose e amilopectina, duas macromoléculas que são capazes de formar géis e dar estabilidade e estrutura para estes, propriedades muito almejadas em indústrias de fármacos, de alimentos e de plásticos (FRASER-REID, TATSUTA e THIEM, 2008).

Além disto, muito se fala e busca-se por soluções para os problemas causados pelas grandes quantidades de plásticos e embalagens, que são descartadas diariamente em aterros sanitário e no meio ambiente, de modo incorreto. Sabe-se que, conforme Carvalho, Oliveira e Rosa (2016), no Brasil cerca de 40 % da produção de plástico é destinada para a produção de sacolas plásticas e embalagens descartáveis. Portanto, uma alternativa aos plásticos comerciais comuns são os biofilmes produzidos a partir de vegetais e cereais, matérias-primas que se apresentam em grandes quantidades na natureza e geralmente produzem biofilmes com alta biodegradabilidade.

Por isso, por possuir polissacarídeos com propriedades de formação de gel e soluções viscosas estáveis, o painço torna-se interesse de estudo como matéria-prima para produção de biofilmes. A produção de biofilmes a partir de amido de painço é de notável interesse não só pela viabilidade econômica da produção do grão, já que o mesmo apresenta alta produtividade e baixo custo de produção, mas também pelas questões de sustentabilidade e preservação de recursos naturais, uma vez que o painço apresenta-se em grande disponibilidade e como fonte renovável além de ser um material com boas propriedades de biodegradabilidade.

Diante disso, esse trabalho objetiva realizar a produção de biofilme utilizando-se como matéria-prima principal polissacarídeos extraídos dos grãos de painço por meio de extração alcalina, além de avaliar o rendimento da extração desses polissacarídeos presentes no painço.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Extração dos Polissacarídeos

Com os grãos de painço secos, pesou-se uma massa de 125 gramas de painço, e após moeu-se os grãos em liquidificador para quebra do pericarpo dos grãos de painço e exposição dos polissacarídeos. Na sequência, preparou-se um litro de solução 0,5 % NaOH em um béquer e então despejou-se as 125 gramas de painço para que a extração alcalina ocorresse. Deixaram-se os grãos de molho por 24 horas e no dia seguinte, realizou-se mais uma moagem, deixando novamente os grãos de molho na solução 0,5% NaOH por 24 horas. Após as 24 horas, peneirou-se a mistura em peneira de 28 Mesh, e com o líquido passante realizou-se centrifugação para separar as proteínas do painço, que ficavam presentes no sobrenadante, dos polissacarídeos de painço, que ficam como precipitado. Após, levou-se o produto para secar em estufa, a 50 °C por 24 horas.

Por fim, pesou-se os polissacarídeos extraídos e fez-se o cálculo da quantidade de massa extraída no processo, conforme a Equação 1.

$$\% \text{ de extrato} = \frac{m_{\text{extrato}}}{m_{\text{painço}}} \times 100 \text{ Equação 1}$$

2.2 Produção do Biofilme

Com os polissacarídeos extraídos partiu-se para a produção do biofilme. Para isto, misturou-se, em um béquer, 7,5 gramas dos polissacarídeos extraídos e 3,5 gramas de sorbitol, um agente plastificante, em 200 mL de água destilada. Levou-se o béquer para banho-maria, por cerca de 30 minutos em uma temperatura de 70 °C, sempre mexendo a mistura, uma vez que a mesma ficava

bastante viscosa. Após os 30 minutos, realizou-se processo *casting* para a secagem dos filmes, ou seja, secagem sobre uma superfície, no caso placas de petri, onde dispôs-se 40 mL da mistura filmogênica e então levou-se as mesmas para secar em estufa por 24 horas a 50 °C. Na sequência, removeram-se os filmes secos das placas de petri, e aferiu-se a espessura que estes biofilmes possuíam, com a ajuda de um micrometro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizaram-se as extrações de polissacarídeos em triplicata, sendo os resultados da extração e de rendimento da extração apresentados na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1. Resultados da extração de polissacarídeos de painço.

Teste	Massa [g]	Massa extraída [%]
Extração 1	45,911	36,73
Extração 2	40,077	32,06
Extração 3	45,770	36,62

(Fonte: os Autores).

Analisando os resultados para a quantidade de massa extraída, observa-se que consistência entre os mesmos, apresentando uma média de extração de 35,14%. Se comparado com os teores de polissacarídeos presentes nos grãos de painço que, de acordo com valores relatados por Kalinová (2007), são de 65%, pode-se verificar que extraiu-se apenas cerca de 54% dos polissacarídeos disponíveis. Isso se deve ao fato de que, para um maior rendimento, seriam necessárias mais etapas de moagem e de extração por hidróxido de sódio, já que são as etapas responsáveis por promover o desprendimento dos polissacarídeos do grão. Além disso, deve-se considerar que ocorrem perdas na etapa de centrifugação, pois uma pequena parte destes polissacarídeos se prende as proteínas.

Na Figura 2, é possível verificar o produto da extração. A coloração escura observada é uma característica da presença de proteínas no extrato, proteínas as quais se depositam sobre o precipitado após a centrifugação.

Figura 2. Polissacarídeos extraídos: após secagem e após moagem.



(Fonte: os Autores).

Na Figura 3 é possível observar os biofilmes produzidos a partir dos polissacarídeos de painço. Realizando-se as medições dos três biofilmes, encontrou-se espessuras médias de 0,354 mm para o biofilme 1, para o biofilme 2 uma espessura média de 0,460 mm e para o biofilme 3, espessura média de 0,438 mm. Essa diferença se deve ao diâmetro das placas de petri que não



eram exatamente os mesmos e também por não existir um controle na técnica de produção de filme por processo *casting*, o processo que foi utilizado neste caso.

Figura 3. Biofilmes produzidos.



(Fonte: os Autores).

4 CONCLUSÃO

A partir da pesquisa observou-se que a extração dos polissacarídeos de painço por extração alcalina é possível, apresentando uma extração de cerca de 35% da massa total de painço. Em comparação aos teores de polissacarídeos presentes nos grãos de painço, relatados em outras pesquisas, a extração de polissacarídeos foi de apenas 54% do total de polissacarídeos disponível nos grãos. Ainda pode-se concluir que a produção de biofilmes com os polissacarídeos de painço podem ser realizados e que a cada 40 mL de solução filmogênica é formado filmes com espessura entre 0,35 mm a 0,46 mm. Para a continuidade da pesquisa serão realizados testes com os biofilmes para determinar a solubilidade dos mesmos em água e também para observar propriedades de barreira destes.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, J. S.; OLIVEIRA, S. A.; ROSA, D. S. Desenvolvimento de filmes poliméricos biodegradáveis para sacolas descartáveis e sua Análise de Ecoeficiência. In: V Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida. 2016. Fortaleza. **Anais V Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida**. Fortaleza: Embrapa, 2016. p. 766-773. Disponível em: <<https://bit.ly/1PAN0sr>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

FRASER-REID, B. O.; TATSUTA, K.; THIEM, J. **Glycoscience: Chemistry and Chemical Biology**. 2 ed. New York: Springer, 2008.

HABIYAREMYE, C., *et al.* Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) and Its Potential for Cultivation in the Pacific Northwest, U.S.: A Review. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, Suíça, v. 7, jan. 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2DQ0m9R>>. Acesso em: 29 set. 2018.

KALINOVÁ, J. Nutritionally important components of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.). **Food**, República Tcheca, v. 1, n.1, p. 91-100, 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/2OSMzAn>>. Acesso em: 26 set. 2018.

PEREIRA, A. V. **Caracterização e secagem de sementes de painço (*Setaria italica* L.)**. 2010, 92 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010. Disponível em: <bit.ly/2Ku2jqX>. Acesso em: 29 set. 2018.



EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO PARA DETERMINAR O TEOR DE ÓLEO EM ALIMENTO INDUSTRIALIZADO

Letícia Andreola^{1,*}, Joceane Kaspar¹, Gabriel Roque Kuhn¹, Isaac dos Santos 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: Química Orgânica.

RESUMO

A extração sólido-líquido é um método baseado em utilizar um solvente para extrair um determinado composto de um sólido. Sendo assim, propôs-se determinar o teor de óleo presente em alimento industrializado. A metodologia empregada se baseia no refluxo de 1 hora da amostra de salgadinho com o solvente hexano, no extrator de Soxhlet. Com base nas informações nutricionais do alimento, têm-se, teoricamente, 1,31 g de óleo. Todavia, o rendimento obtido foi de 1,88 g de óleo presente na amostra. Portanto, com base nos resultados obtidos, têm-se um teor com 43,51% acima da informação prestada na embalagem.

Palavras-chave: *Extração, salgadinho, óleo.*

1 INTRODUÇÃO

A extração baseia-se no princípio de que um determinado soluto distribui-se de modo equilibrado entre duas fases. O soluto divide-se entre as duas fases imiscíveis em uma razão determinada pela solubilidade relativa do soluto em cada fase. As extrações podem ser do tipo sólido-líquido, quando um líquido é usado para extrair um composto presente em um sólido, ou do tipo líquido-líquido, quando um líquido é utilizado para extrair um soluto dissolvido em uma outra fase líquida (Vogel 1989).

A extração com solventes é um processo utilizado em química orgânica para realizar a separação e o isolamento de substâncias presentes em misturas complexas, como em alimentos e diversos produtos (Vogel, 1971).

Esta forma de extração, nunca fornecerá um composto totalmente puro, pois resquícios de solvente permanecerão junto com o produto extraído. No entanto, esta é uma das principais formas de obtenção de produtos, a partir de misturas, para as indústrias (Soares; Souza; Pires, 1988).

Essa técnica é bastante utilizada quando a solubilidade do soluto for pequena ou quando se deseja maximizar a extração do soluto (USJT, 2001).

A extração sólido-líquido utiliza um solvente conveniente, entre os solventes orgânicos mais utilizados está o hexano. Na extração de sólidos por um solvente, utiliza-se o Soxhlet (Queiroz; Collins; Jardim, 2000).

O funcionamento do Soxhlet tradicional é um tanto quanto engenhoso. Inicialmente, deve-se dispor a amostra dentro do cartucho de amostras e inserir o cartucho carregado dentro do reservatório de vidro. O solvente é aquecido da sua posição inicial no frasco de destilação disposto na parte inferior do aparelho. O solvente é evaporado, passando pela tubulação na lateral direita do aparelho, sendo, posteriormente, condensado pela corrente de água fria no condensador. Depois de condensado, o solvente entra em contato com a amostra, extraindo o soluto de interesse do sólido.



O solvente condensado permanece no reservatório de vidro em contato com a amostra até que a altura de solvente no reservatório ultrapasse a altura do sifão localizado no lado esquerdo do aparelho. Quando isto acontece, todo o volume de solvente condensado no reservatório é transferido por sifonamento para o frasco destilador. Cada sifonamento é chamado de um reciclo. O número de reciclos utilizados em uma análise deve ser cuidadosamente determinado pelo analista, pois quanto maior o número de reciclos, maior é o rendimento obtido e o custo do processo (Sella, 2007).

A principal vantagem do uso desse equipamento é a amostra estar sempre em contato com o solvente, ocorrendo sua renovação de forma constante (Rosseto, *et al.*, 2012).

Desta forma, destaca-se a extração sólido-líquido contínua, a qual é empregada, em nível de laboratório, na extração de óleo, e a aparelhagem mais utilizada para esse tipo de extração é o extrator de Soxhlet. Assim, utilizou-se deste método para extrair óleo de alimento de milho industrializado, a fim de comparar os valores obtidos com valores nutricionais da embalagem.

2 MATERIAL E MÉTODO

Primeiramente, em uma balança analítica, pesou-se um balão de fundo chato de 250 mL, e anotou-se. Em seguida, com o auxílio de um pistilo e um graal, triturou-se o salgadinho e logo após, diretamente em um cartucho de celulose, pesou-se 20 g do mesmo. E logo após, em uma capela de exaustão de gases, adicionou-se 2/3 do balão de fundo chato com Hexano.

Então, começou-se a montagem do sistema. Primeiramente, sobre um suporte universal, colocou-se uma manta de aquecimento, em seguida, fixou-se com uma garra de fixação o balão previamente pesado, não o deixando encostar diretamente na manta.

Após, conectou-se um Extrator Soxhlet no balão, e dentro do extrator colocou-se o cartucho com o alimento industrializado previamente pesado. Após, na saída superior do Extrator Soxhlet conectou-se um condensador. Em seguida conectou-se duas mangueiras ao condensador, uma na entrada, onde inseriu-se água e outra na saída, onde descartou-se a água que passou pelo sistema. E por fim, ligou-se a manta de aquecimento.

Esperou-se o sistema refluxar por aproximadamente uma hora e após, desligou-se o sistema. Subsequentemente, filtrou-se a solução para extrair as pérolas de vidro e logo após, levou-se o balão para um evaporador rotatório, onde evaporou-se o que foi possível de solvente.

Em seguida, eliminou-se o restante do solvente aquecendo o balão com o auxílio de uma chapa de aquecimento. Após ter-se evaporado o solvente, pesou-se o balão com o resíduo e subtraindo a massa obtida anteriormente com o balão vazio.

Por fim, calculou-se o rendimento da extração utilizando como comparativo os dados informados na embalagem do alimento industrializado utilizado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, a massa da amostra de salgadinho foi de 8,4048 g, colocada em um cartucho de celulose, este com função de reter os sólidos com a ajuda do solvente. Deste modo, o solvente utilizado foi o hexano, o qual possui ponto de ebulição de 68 °C. Uma vez que, conforme Guarienti *et al* (2012), no processo de extração de óleos por solventes, o hexano é o solvente mais empregado, pois apresenta baixo ponto de ebulição e alta estabilidade.

Outrossim, o extrator soxhlet mantém o solvente na mesma altura entre o reservatório de vidro e o sifão acoplado no reservatório de vidro do soxhlet, isto se dá pelas pressões serem iguais. Entretanto, a pressão aumenta quando a altura do solvente no reservatório de vidro aumenta, assim ocorre o efeito sifão, que também é chamado de refluxo.



Deste modo, a partir do primeiro refluxo do solvente no extrator sohxlet cronometrou-se 1 hora, sendo que nesse intervalo de tempo ocorreram 28 refluxos. Já que, quanto maior o número de refluxos, maior é a quantidade de óleo extraído, e o grau de confiabilidade. Isso, consoante a Cavalcante, Sousa e Hamawaki (2011), o número de ciclos está diretamente relacionado com o rendimento da massa de um componente oleaginoso de um sólido. Assim, os ciclos podem viabilizar ou não a extração.

Entretanto, não é possível extrair totalmente o óleo de qualquer amostra, porque há um equilíbrio durante a lavagem, assim uma parte do óleo permanece no sólido e a outra junta-se ao líquido.

A partir das informações nutricionais contidas no salgadinho, a cada 25 g corresponde a 3,9 g de óleo. Dessa forma, teoricamente, a amostra analisada corresponde a 1,31 g de óleo. Experimentalmente, para a amostra analisada obteve-se 1,88 g de gordura, o qual corresponde a 43,51% acima da informação prestada na embalagem. Uma vez que, o solvente pode não ter sido evaporado totalmente e levado a um teor de óleo maior.

Todavia, conforme a Secretaria de Vigilância Sanitária, do Ministério da Saúde (RDC 360/2003), a tolerância de gordura permitida é de aproximadamente 20%, ou seja, 5 g de gordura em 25 g do alimento. Dessa forma, a amostra de salgadinho estava dentro dos padrões gerais estabelecidos.

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados, obteve-se 1,88 g de óleo na amostra de salgadinho. Todavia, a informação nutricional era de 1,31 g de gordura. Dessa forma, pode-se relacionar à possíveis erros durante a realização do experimento, como o solvente não ter sido evaporado totalmente. Como também, a informação prestada na embalagem pode não estar condizente com o verdadeiro teor de óleo. Além disso, outro motivo pode estar relacionado ao erro, como a não uniformidade do óleo no salgadinho como um todo.

Entretanto, o teor de óleo no salgadinho encontrado experimentalmente, mesmo acima do valor prestado na embalagem, ainda permaneceu dentro da legislação.

Portanto, o método de extração sólido-líquido é muito utilizado, em grande escala, como por exemplo indústrias de extração de óleo vegetal. Já que, esse processo além de rentável, permite aproveitamento de todas as fases do mesmo, já que obtêm-se o óleo como produto principal, o solvente é recuperado e o resíduo produz um farelo com alta proteína.

REFERÊNCIAS

CAVALCANTE, A. K.; SOUSA, L. B; HAMAWAKI, O. T. **Determinação e avaliação do teor de óleo em sementes de soja pelos métodos de ressonância magnética nuclear e soxlet.** Dissertação – Mestrado em Agronomia – Instituto de Ciências Agrárias – Univ. Fed. de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

VOGEL, A. I. **Química Orgânica:** Análise orgânica qualitativa. 1971.

SOARES, B.G., SOUZA, N.A.; PIRES, D.X. **Química orgânica:** teoria e técnicas de preparação, purificação e identificação de compostos orgânicos. 1988.

GUARIENTI, E. P.; PINHEIRO, E.; GODOY, L. P.; EVANGELISTA, M. L. S.; LOVATO, A. **Perdas de matéria-prima:** um estudo de caso na indústria de óleo de soja. ENGEVISTA, 2012.



USJT. **Extração de óleos essenciais.** Disponível em:
<<http://laszlo.ind.br/admin/artigos/arquivos/extracaooe.pdf>>, 2001. Acesso: 01 de maio de 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 360, de 23 dez. 2003. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados.** Diário Oficial da União, 26 dez. 2003b. Seção 1:33-4.

QUEIROZ, Sonia C. N., COLLINS, Carol H.; JARDIM, Isabel C. S. F. **Métodos de extração e/ou concentração de compostos encontrados em fluidos biológicos para posterior determinação cromatográfica.** Quim. Nova, v. 24, 2000.

ROSSETO, *et al.* **Otimização da extração de óleo por solventes e secagem em espécies vegetais com potencial energético.** Acta Iguazu, Cascavel, v.1, n.1, p. 69-77, 2012.

SELLA, A. **Classic Kit: Soxhlet Extractor.** Royal Society of Chemistry. University College London, 2007. Disponível em:

<<https://www.chemistryworld/Issues/2007/September/ClassicKitSoxhletExtractor.asp>>. Acesso em: 1 maio 2019.



INFLUÊNCIA DA VAZÃO NA PERDA DE CARGA EM TUBULAÇÕES DE DIFERENTES MATERIAIS

Caroline Engelmann^{1,*}, Amanda Calegari Zanuso¹, 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

*engelmanncaroline@gmail.com

Área do trabalho: Fenômenos de transporte, Operações Unitárias e aplicações

RESUMO

O presente trabalho tem como principal objetivo a determinação da perda de carga em diferentes escoamentos. Em escoamentos internos, a perda de carga ocorre devido ao atrito causado pelo fluido com as paredes do tubo. Utilizou-se tubos de dois materiais, ferro galvanizado e aço inoxidável e em cada um desses tubos, foram testadas duas vazões diferentes, de 12 e 6 L.min⁻¹. Para determinar a diferença de pressão no começo e no fim do escoamento fez-se uso de um manômetro. Além dos cálculos a respeito dos dados experimentais obtidos, para fins de comparação, foram realizados cálculos com dados teóricos. Ambos dados de perda de carga alcançados mostraram-se próximos, gerando assim erros experimentais baixos. Obtiveram-se os valores de perda de carga experimentais de 0,05326 e 0,01486 m para o aço inoxidável e 0,0650 e 0,01858 m para o ferro galvanizado, nas vazões de 12 e 6 L.min⁻¹, respectivamente. Dessa forma, foi observado que conforme houve aumento da vazão a perda de carga também teve aumentos significativos, a maior rugosidade do material também interferiu no aumento da perda de carga.

Palavras-chave: *perda de carga, vazão, aço inoxidável, ferro galvanizado.*

1 INTRODUÇÃO

Em um escoamento, tanto laminar quanto turbulento, ocorre perda de energia. Essa perda de energia pode ocorrer devido a diversos fatores, principalmente o atrito que é diretamente relacionado a queda de pressão e a perda de carga durante o escoamento através de tubos e dutos. A perda de energia por atrito é denominada perda de carga distribuída, pois ocorre ao longo de todo o escoamento (ÇENGEL; CIMBALA, 2011).

Um dos fatores que interfere no atrito de um escoamento é a viscosidade. A viscosidade é a propriedade do fluido que causa tensões de cisalhamento quando há movimento; é também um meio pelo qual se desenvolvem irreversibilidades ou perdas. Além da viscosidade do fluido, a perda de carga também depende do tipo de material que é feita a tubulação (STREETER, 1975).

Para determinar a perda de carga em um escoamento, é necessário o auxílio de medidores de vazão – dispositivos que permitem determinar a quantidade de líquidos, sólidos ou gases que passam por um determinado local na unidade de tempo. O medidor de vazão que foi usado no presente trabalho foi o rotâmetro, um medidor de flutuação de área variável que consiste em um tubo transparente graduado com um flutuador dentro que se movimenta livremente. Esse dispositivo opera de maneira que o peso do flutuador, a força de arrasto e a força de flutuação se equilibrem e a força resultante que age sobre o flutuador seja zero (ÇENGEL; CIMBALA, 2011).



O presente trabalho propõe determinar a perda de carga de um fluido escoando por tubos de diferentes materiais – aço inoxidável e ferro galvanizado – com diferentes vazões, confrontar os valores experimentais com os teóricos e fazer uma análise dos resultados obtidos.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para determinar a perda de carga, primeiramente definiu-se o material e o diâmetro do tubo a ser utilizado, sendo este aço inoxidável e ferro galvanizado, ambos com 500 mm de comprimento e 16,2 e 16,3 mm de diâmetro, respectivamente. Utilizou-se um módulo hidráulico, com um rotâmetro acoplado para medir a vazão e um manômetro para a diferença e pressão.

O fluido utilizado para escoamento foi a água, com propriedades $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$ e $\mu = 10^{-3} \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$. Após regular a vazão desejada, 6 e 12 L.min^{-1} , abriu-se as válvulas para o escoamento da água. Fez-se a leitura manométrica, por meio do manômetro, a fim de determinar a diferença de pressão para realizar os cálculos experimentais. O fluido contido no manômetro é o tetracloroetileno, $\rho = 1620 \text{ kg.m}^{-3}$.

Para o cálculo da velocidade do escoamento, utilizou-se a Equação 1.

$$\dot{V} = vA \quad \text{Equação 1}$$

Com a velocidade calculada e os valores de propriedades da água, foi possível calcular o valor de Reynolds por meio da Equação 2.

$$\text{Re} = \frac{\rho v D}{\mu} \quad \text{Equação 2}$$

Tendo o valor de Reynolds e a rugosidade relativa do material, determinou-se o fator de atrito com o auxílio do Diagrama de Moody. A rugosidade relativa é calculada pela razão entre a rugosidade, que depende do material da tubulação, e o diâmetro do tubo. Para a perda de carga distribuída teórica utilizou-se a Equação 3.

$$h_D = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad \text{Equação 3}$$

A Equação 5 possibilita o cálculo da perda de carga distribuída experimental por meio da diferença de pressão calculada com o auxílio da Equação 4.

$$\Delta P = gh(\rho_{\text{C}_2\text{Cl}_4} - \rho_{\text{H}_2\text{O}}) \quad \text{Equação 4}$$

$$h_D = \frac{\Delta P}{\rho g} \quad \text{Equação 5}$$

Tendo os valores experimentais e teóricos de perda de carga, calculou-se o erro experimental por meio da Equação 6.

$$\text{Erro (\%)} = \left| \frac{\text{valor teórico} - \text{valor experimental}}{\text{valor teórico}} \right| \times 100 \quad \text{Equação 6}$$



Após a realização dos cálculos foi possível a análise dos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização da atividade prática, foi possível a determinação da perda de carga distribuída em cada um dos tubos. Com o rotâmetro foi possível controlar a vazão do escoamento e com o auxílio de um manômetro acoplado foi observado a queda de pressão ao longo do escoamento. Os dados obtidos por intermédio da atividade prática serão exemplificados na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Dados experimentais

	Aço Inoxidável		Ferro Galvanizado	
	\dot{V} [L.min ⁻¹]	12	6	12
Δh [mm]	86	24	105	30
ΔP [Pa]	522,53	145,824	637,98	182,28
Reynolds	$1,50 \cdot 10^4$	$7,77 \cdot 10^3$	$1,56 \cdot 10^4$	$7,80 \cdot 10^3$
Fator de atrito	0,028	0,034	0,040	0,043
h_D teórico [m]	0,0414	0,0123	0,0576	0,01514
h_D experimental [m]	0,05326	0,01486	0,0650	0,01858
Erro percentual (%)	22,26	17,22	11,38	18,51

(Fonte: Os autores)

Com os valores de Reynolds encontrados na Tabela 1 anteriormente, é possível considerar que todos os escoamentos são turbulentos. Isso porque com valores de Reynolds a cima de 2300 o escoamento é considerado turbulento. Devido a isso, para determinar a perda de carga distribuída teoricamente foi preciso utilizar o diagrama de Moody. Apesar de ser amplamente utilizado para resolução de problemas, o diagrama em questão não garante total precisão nos dados coletados. Isso porque sempre gera valores aproximados do fator de atrito, sendo difícil a obtenção de valores exatos.

Dessa forma, com o auxílio do módulo hidráulico e do rotâmetro juntamente com a resolução da Equação 5 apresentada anteriormente, calculou-se a perda de carga experimental. Os valores teóricos e experimentais foram dispostos na Tabela 1 podem ser comparados entre si. A discrepância observada entre esses valores é explicada pela imprecisão do diagrama de Moody entre outros fatores como a leitura equivocada no manômetro.

As diferenças obtidas, no entanto, são consideradas mínimas e é possível fazer uma análise da interferência da vazão e da rugosidade do material na perda de carga obtida. O ferro galvanizado é o material que apresenta maior rugosidade, $\varepsilon = 0,0092$, em comparação com o aço inoxidável, $\varepsilon = 0,000123$, e, conseqüentemente, também tem os maiores valores de perda de carga em ambas vazões. Isso porque a rugosidade do material faz com que o atrito do fluido com as paredes do tubo aumente. Esse atrito gera perda de energia que é percebida com o cálculo da perda de carga.

Observando o aumento das vazões em ambos os tubos, podemos perceber um aumento na perda de carga também. Isso ocorre, porque conforme é aumentada a vazão, a velocidade do escoamento tem seu valor acrescido proporcionalmente. Segundo Fox e McDonald (1998), a perda de carga em escoamentos turbulentos aumenta de acordo com o aumento da velocidade, da vazão, bem como ocorre uma variação de acordo com a rugosidade do material.

Sabemos também que o diâmetro é inversamente proporcional a perda de carga. Dessa forma, sua influência é que quanto maior o diâmetro do tubo, menor será sua perda de energia (Porto,



2006). No entanto, os tubos utilizados nessa atividade prática tinham uma diferença de diâmetro muito pequena, por isso, as perdas de carga devido a rugosidade e vazão são mais perceptíveis e dessa forma, a diferença de diâmetro entre os tubos não foi considerada durante a análise dos resultados finais. Por fim, é possível afirmar que o aumento da vazão e da velocidade do escoamento, bem como a rugosidade do material interferem na perda de carga elevando seu valor final.

4 CONCLUSÃO

Com a realização da atividade prática foram determinados os valores de perda de carga para os escoamentos em diferentes tubos com diferentes vazões. Obteve-se os valores de perda de carga experimentais de 0,05326 e 0,01486 m para o aço inoxidável e 0,0650 e 0,01858 m para o ferro galvanizado, nas vazões de 12 e 6 L.min⁻¹, respectivamente. Pode-se observar que os valores teóricos e práticos ficaram próximos, resultando em percentuais de erros experimentais baixos. Os erros experimentais podem ser justificados pela visualização errônea no manômetro ou ainda na interpretação equivocada do Diagrama de Moody.

Concluiu-se após a comparação dos resultados entre os diferentes materiais e as diferentes vazões que tanto a vazão e a velocidade do fluido como a rugosidade do material aumentam a perda de carga do escoamento. A explicação para esse fato está no aumento do atrito do fluido com as paredes do tubo e conseqüente perda de energia. A diferença de diâmetro entre os tubos têm uma influência inversamente proporcional na perda de carga, porém o diâmetro dos tubos utilizados eram praticamente iguais e portanto esse fator para a perda de carga não foi considerado.

NOMENCLATURA

L	Comprimento da tubulação	[m]
D	Diâmetro da tubulação	[m]
\dot{V}	Vazão	[m ³ /s]
ρ	Massa específica	[kg/m ³]
μ	Viscosidade dinâmica	[kg/m.s]
f	Fator de atrito	[-]
Re	Reynolds	[-]
ε	Rugosidade	[mm]
h_D	Perda de carga	[m]
Δh	Varição da altura manométrica	[mm]
ΔP	Varição da pressão	[Pa]

REFERÊNCIAS

ÇENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. **Mecânica dos fluidos**: fundamentos e aplicações. São Paulo: McGraw-Hill, 2007.

FOX, R. W.; McDONALD, A. T. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

STREETER, V. L. **Mecânica dos fluidos**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.



OBTENÇÃO E TRATAMENTO QUÍMICO DE FIBRAS DE CELULOSE A PARTIR DO PSEUDOCAULE DA BANANEIRA

Nadine Andréia Löblein^{1,*}, Patrícia 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

*nadinealoeblein@aluno.santoangelo.uri.br

Área do Trabalho: Ciência e Engenharia dos Materiais.

RESUMO

A bananicultura é uma importante fonte de alimento, conseqüentemente torna-se uma grande geradora de resíduos. Para promover a utilização desses resíduos, propõe-se a extração de fibras do pseudocaule da bananeira como uma forma de agregar valor ao material descartado. Neste trabalho, fibras do pseudocaule da bananeira foram moídas, secas e após submetidas aos tratamentos químicos de mercerização com hidróxido de sódio 5% e 10% (m/v) e branqueamento com peróxido de hidrogênio. Os tratamentos foram efetivos na redução de componentes estruturais e não estruturais, ocorrendo maiores perdas de massa quando utilizado 10% NaOH.

Palavras-chave: *fibras, tratamento químico, bananeira.*

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Pauleski e outros (2007), com a crescente demanda mundial por alimentos, busca-se também um aumento da produtividade. Assim os resíduos da banana são um problema ambiental, pois apresentam dificuldade de decomposição. (GUIMARÃES, 2012). A partir do pseudocaule da bananeira é possível extrair diversos tipos de fibras, com características próprias. O pseudocaule é constituído por: capa (externa), seda (interna) e renda (intermediária). A camada externa é a mais grossa, utilizada para trabalhos que requerem maior resistência do material que se deseja formar. A parte interna é a mais fina, indicada para acabamentos e a camada intermediária é ideal para ornamentar. (BASTOS, 2010). Segundo Pérez et al, (2005) ambas são formadas por componentes estruturais (celulose, hemicelulose e lignina) e não-estruturais (minerais, extrativos e água).

As propriedades das fibras podem ser melhoradas por meio de tratamentos superficiais e modificações dos compostos constituintes. Modificações das superfícies alteram propriedades como aderência e absorção de umidade, e modificações dos constituintes alteram propriedades de equilíbrio, tais como instabilidade dimensional com a variação da umidade. (MOTTA, 2005).

Existem vários tratamentos para as fibras, Pereira, (2010) apresenta o tratamento alcalino, referido em alguns trabalhos como mercerização, que se constitui basicamente da imersão da fibra em NaOH, com intensa agitação. No qual ocorre a remoção de lignina, hemicelulose e outros componentes da fibra, dependendo das condições a remoção pode ser desde branda até a degradação. Outro tratamento utilizado é o branqueamento, onde há a aplicação de peróxido de hidrogênio, ocorrendo a eliminação de cromóforos.



O aproveitamento de resíduos no desenvolvimento de materiais alternativos, que agregam valor e favorecem a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. Permitem também aproveitar a ampla disponibilidade de resíduos vegetais, em particular o pseudocaule da bananeira.

2 MATERIAL E MÉTODO

Os pseudocaules são de bananeiras do tipo prata, que receberam cortes horizontais ao longo do pseudocaule, o qual é sobreposto por bainhas, utilizando-se apenas a capa (bainha externa).

2.1 Caracterização das fibras da bananeira

Realizou-se a secagem da massa de pseudocaule, em estufa à 50°C, posteriormente, triturou-se a em moinho de facas tipo Willey, utilizando-se tela com diâmetro de abertura de 2 mm. Outra fração de matriz fibrosa, foi colocada em estufa para determinação do teor de umidade, baseada na metodologia utilizada por Gonçalves Filho, (2011). Sendo que em cadinho limpo, previamente seco até peso constante, pesou-se 5 gramas da amostra *in natura* (MU) e secou-se a 105°C, durante 24 horas, após pesou-se a amostra seca (MS). As análises foram feitas em triplicata, utilizou-se a Equação 1 para a verificação do teor de umidade.

$$\text{Umidade \%} = \frac{Mu - Ms}{Mu} 100 \quad \text{Equação 1}$$

2.2 Branqueamento da fibra

Foi realizada a adaptação do método utilizado por Vasconcelos (2013), no qual a fibra bruta seca, moída e classificada foi distribuída em frações de 5 g. Utilizando-se as variações da concentração de hidróxido de sódio, de 5% e 10% (m/v). A solução de NaOH foi aquecida até atingir uma temperatura de 80°C em chapa de aquecimento e sob agitação magnética, após adicionou-se a massa de fibra pesada. Após 5 minutos, são acrescentados 40 mL de peróxido de hidrogênio P.A sob a mesma temperatura e agitação durante 55 min. Após adicionam-se mais 10 mL de peróxido de hidrogênio P.A, que reage durante 30 min. A polpa branqueada foi submetida a centrifugações em batelada de 10 min em 2000 rpm, utilizou-se centrífuga laboratorial. A centrifugação foi realizada a fim de separar o material fibroso e realizar a lavagem deste com água destilada até o pH se ajustar a 7. O concentrado foi seco em estufa a 50°C até massa constante.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a caracterização da fibra determinou-se o teor de umidade do pseudocaule, sendo quantificado como 95,404%, o qual se apresenta muito próxima do encontrado por Gonçalves Filho, (2011), que identificou uma umidade de 95,3%±0,2.

Com o término do processo de branqueamento, as fibras em solução apresentavam pH 13. Para o processo de ajuste do pH das fibras em lavagem com água destilada, não foi possível atingir o pH 7, não sendo realizável a lavagem destas, em decorrência dos filtros disponíveis para o processo de filtração não apresentarem grandeza nano. A lavagem do material foi realizada por centrifugação, atingindo pH 11, no entanto, a solução líquida que inicialmente era amarelada, após as lavagens apresentou-se incolor, conforme pode-se observar na Figura 2.

Figura 2 – Solução após lavagem.



Fonte: as autoras.

Após a secagem das fibras, observou-se grande perda de massa, conforme descrito na Tabela 1. A perda pode estar associada ao processo de centrifugação ou também ao tratamento.

Tabela 1 - Perda de massa da fibra de bananeira após o tratamento.

NaOH (%)	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Perda (%)
5	30	12,516	41,72%
10	30	10,97	63,43%

Fonte: a autora.

Zimmermann, Turella e Zattera, (2014) identificaram perdas de 58% para NaOH 10% e 41,43% para o tratamento utilizando 5%, as quais estão próximas as encontradas no presente trabalho. Na Figura 3, visualiza-se a fibra tratada em contraste com a fibra sem tratamento.

Figura 35 – Fibra tratada (a) e fibra antes do tratamento (b).



Fonte: as autoras.

Obteve-se também uma pequena fração, cerca de 0,20 g, que não se apresentou como fibras soltas conforme as demais. Podendo estar relacionado a alguma subcamada utilizada para a extração das fibras, a qual não apresenta as características das demais. Segundo Merlini, (2011), são retirados os feixes alveolares que, após passarem por uma calandra, geram as seguintes fibras: pelica ou couro (camada interna), renda (camada intermediária) e palha ou capa (camada externa). Da palha ou capa da bainha são extraídos os fios finos de fibra de bananeira.

Podendo estar associado também ao tratamento, pois segundo Jesus, et al, (2015), a lignina é considerada o ligante natural entre as fibrilas de celulose e a sua retirada causa o processo de



fibrilação, deixando-as mais soltas. Neste caso, sem o tratamento adequado não ocorre a sua remoção, sendo que este é responsável pela extração de componentes menos estáveis, como a hemicelulose, lignina, ceras e óleos de baixo peso molecular.

4 CONCLUSÃO

A extração de fibras de celulose do pseudocaule da bananeira mostrou ser uma alternativa para o aproveitamento de resíduos, obtendo-se um produto que pode ser utilizado na formação de compósitos, por exemplo. Após o tratamento ocorre a remoção de componentes estruturais e não estruturais, com maiores perdas de massa quando utilizado 10% NaOH, cerca de 63,43% e com 5% NaOH, 41,72% da massa.

NOMENCLATURA

M_u	Massa úmida	Kg
M_s	Massa seca	Kg

REFERÊNCIAS

BASTOS, D. C. **Estudo da redução da hidrofiliabilidade de filmes biodegradáveis de amido de milho termoplástico com e sem reforço de fibra de bananeira através do tratamento por plasma de sf6**. 2010, 109 f. Tese (Doutorado em engenharia metalúrgica e de materiais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

GONÇALVES FILHO, L. C. **Utilização do pseudocaule de bananeira como substrato da fermentação alcoólica: avaliação de diferentes processos de despolimerização**. 2011, 96f. Tese (Mestrado em Engenharia de Processos) – Univille, Joinville, 2011.

GUIMARÃES, B. M. R. **Tratamento químico de partículas de pseudocaule da bananeira visando à produção de painéis aglomerados**. 2012. 94 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2012.

JESUS, M. S. et al. **Fibras vegetais com potencial para reforço de compósitos poliméricos analisados a partir da microscopia eletrônica de varredura – MEV**. Revista Papel v. 76, Ago. 2015.

MOTTA, L. A. C. **Melhoria do desempenho de fibras de coco e sisal para reforço de matrizes cimentícias através de tratamento termomecânico e impregnação de resinas**. 2005 149 p. Tese (Doutorado em engenharia da construção civil e Urbana) – Universidade de São Paulo, 2005.

PAULESKI D. T. et al. Característica de compósitos laminados manufaturados com polietileno de alta densidade (PEAD) e diferentes proporções de casca de arroz e partículas de madeira. **Ciência florestal**, Santa Maria, Rio Grande do Sul, v. 17, n. 2, p. 157-170, 2007.

PEREIRA A. L. S. **Extração de nanocelulose de fibras vegetais**. 2010. 54 f. Trabalho final de curso (Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2010.



PÉREZ, J. et al. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. **Int Microbiology**, Granada, Spain, v. 5, p. 53–63, 2005.

VASCONCELOS N.F. et al. **Otimização do processo de obtenção de nanocelulose do pseudocaule da bananeira por hidrólise ácida**. 2013. 3 f. VII Workshop de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio – São Carlos, São Paulo, 2013.

ZIMMERMANN, M. V. G.; TURELLA, T. C.; ZATTERA, A. J. **Influência do Tratamento Químico da Fibra de Bananeira em Compósitos de Poli(etileno-co-acetato de vinila) com e sem Agente de Expansão**. *Polímeros*, vol. 24, n. 1, p. 58-64, 2014.

MERLINI, C. **Análise experimental de compósitos de poliuretano derivado de óleo de mamona e fibras de bananeira**. 2011, 104f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.



PENEIRAMENTO E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE ARROZ BRANCO

Gabriele Kuhn Dupont^{1,*}, Paula Gabriela Dalla Porta¹, Nataly Leidens¹

¹Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus de Cerro Largo, Programa de Pós-graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis

²Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, Curso de Engenharia Química

*gabi-dupont@hotmail.com

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

O peneiramento é uma operação unitária empregada para separar os componentes de uma mistura heterogênea entre sólidos ou determinar o tamanho de partículas. O princípio utilizado para essa separação é o tamanho de partículas e o instrumento utilizado é a peneira. Neste trabalho, empregou-se a técnica de peneiramento mecânico. Partindo disso, realizou-se análise granulométrica de uma amostra de arroz branco e construíram-se as curvas para os modelos de distribuição granulométrica, GGS e RRB, averiguando qual o melhor modelo, em função do maior R^2 , foi o GGS, ou seja, o que melhor representou os dados obtidos nas amostras. Ainda, para cada amostra calculou-se o diâmetro de Sauter (D_{ps}), área superficial específica (A_w) e o número de partículas (N_w), os quais foram em média, $8,17E-04$ m, $30,31$ $m^2.kg^{-1}$ e o N_w foi de $5,16E+06$ partículas. kg^{-1} , respectivamente.

Palavras-chave: *Peneiramento, Análise granulométrica, arroz branco, diâmetro médio de Sauter.*

1 INTRODUÇÃO

As propriedades dos alimentos particulados dependem de sua granulometria. O conhecimento do tamanho das partículas é fundamental para determinar sua forma de manipulação, seu tratamento e suas propriedades funcionais. Em escala industrial, grande quantidade de partículas, que não são uniformes, principalmente quanto ao tamanho, as quais são manuseadas nos mais diversos processos. Nesses processos é de grande importância o conhecimento do comportamento desse material particulado, sendo frequentemente necessário definir o sistema particulado como um todo (TADINI *et al.*, 2016).

A classificação granulométrica é o processo de separação ou organização das partículas de acordo com o seu tamanho. Desta forma, análise granulométrica representa a sequência de procedimentos para determinar a distribuição granulométrica de uma amostra (TADINI *et al.*, 2016). No caso do peneiramento, um exemplo de técnica empregada para determinação do tamanho de partículas, a base de representação da distribuição de tamanho de partícula é a massa de partícula, na qual a distribuição de tamanho de partículas está associada à fração mássica dentro de cada intervalo de tamanho. (CREMASCO, 2014).

Diante desse contexto, este trabalho teve como objetivo, efetuar a análise granulométrica de amostras de arroz branco, adquirido em comércio local, por meio da técnica de peneiramento. Por conseguinte, construíram-se curvas de distribuição granulométrica, as quais permitiram a determinação do modelo que melhor se ajusta aos dados obtidos.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Peneiramento

Inicialmente, aferiram-se três amostras de 300 gramas de arroz, assim como as massas das peneiras de malhas Tyler 4, 6, 8, 10, 14, 20, 28 e o fundo, utilizadas no peneiramento. Para este procedimento, depositou-se a primeira amostra nas peneiras juntamente com o fundo e colocou-se em um agitador de peneiras, da marca Bertel Indústria Metalúrgica LDTA, durante 10 minutos. Logo após, aferiu-se a massa retida em cada peneira.

2.2 Análise granulométrica

Seguidamente ao peneiramento, verificou-se o valor da abertura da malha da peneira em Tyler, por meio dos dados apresentados por Foust *et al.* (2013). Após, aplicou-se a Equação 1. Posteriormente, calculou-se a fração de análise granulométrica diferencial (X_{iAGD}), por meio da Equação 2, e a fração de análise granulométrica retida (X_{iAGAR}), para isto, fez-se um somatório de X_{iAGD} sempre relacionando o valor atual com o anterior. Depois, calculou-se a fração de análise granulométrica passante (X_{iAGAP}), pela Equação 3. Em seguida, determinou-se o $\ln X_{iAGAP}$ e o $\ln (D_{pi})$, para plotar o gráfico do modelo GGS. Após aplicou-se a Equação 4. Ainda, determinou-se $\ln \varphi$, e o $\ln [\ln \varphi]$. Com esses dados, plotou-se um gráfico de $\ln [\ln \varphi \text{ versus } \ln (D_{pi})$ para o modelo RRB e verificou-se o melhor modelo. Dado que, para aplicar o modelo GGS e RRB, empregam-se as Equações 5 e 6, respectivamente. Além disso, determinou-se D_{ps} , A_W e N_W , com as Equações 7, 8 e 9, respectivamente.

$$D_{pi} = \frac{D_{(-)} + D_{(+)}}{2} \quad \text{Equação 1}$$

$$X_{iAGD} = \frac{m_{retida}}{m_t} \quad \text{Equação 2}$$

$$X_{iAGAP} = 1 - X_{iAGAR} \quad \text{Equação 3}$$

$$\varphi = \frac{1}{1 - X_{iAGAP}} \quad \text{Equação 4}$$

$$X_i = \left(\frac{D_i}{k}\right)^m \quad \text{Equação 5}$$

$$X_i = 1 - \exp\left[-\left(\frac{D_i}{D'}\right)^n\right] \quad \text{Equação 6}$$

$$D_{ps} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{X_{iAGD}}{D_{pi}}\right)} \quad \text{Equação 7}$$

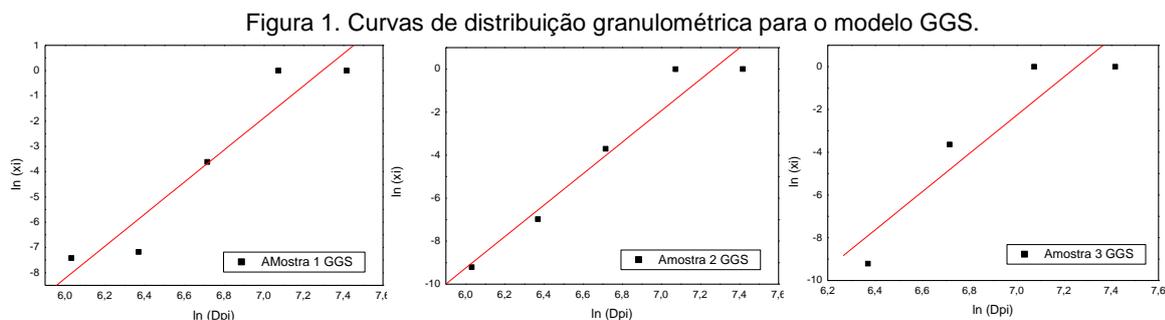
$$A_W = \frac{6}{\phi \times \rho_p} \times \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_{iAGD}}{D_{pi}}\right) \quad \text{Equação 8}$$

$$N_w = \frac{1}{a \times \rho_p} \times \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_{iAGD}}{D_{pi}^3} \right)$$

Equação 9

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1, apresenta as curvas de distribuição granulométrica, para o modelo GGS, que foi o que se ajustou melhor as três amostras de arroz, com o R² maior do que para o modelo RRB, como pode ser observado na Tabela 1, assim como as equações do modelo GGS. Matté *et al.* (2014), em seu trabalho demonstra a importância da análise granulométrica a qual fornece a distribuição de tamanhos das partículas e que a utilização de modelos matemáticos reduz a necessidade da realização constante de experimentos para determinação de tamanhos de partículas. Dessa forma, a sua pesquisa determinou que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais para aveia flocos finos foi o GGS, similar ao que foi visualizado neste trabalho.



(Fonte: os Autores).

Tabela 1. R² e equação de distribuição do modelo GGS para cada amostra.

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
R ² (RRB)	0,9101	0,9485	0,8626
R ² (GGS)	0,9133	0,9488	0,8633
Equação da Reta (GGS)	y = 6,3502x - 46,328	y = 7,3166x - 53,16	y = 8,9505x - 64,922
Equação de distribuição do GGS	$X_i = \left(\frac{D_i}{2334,5} \right)^{6,3502}$	$X_i = \left(\frac{D_i}{2334,5} \right)^{7,3166}$	$X_i = \left(\frac{D_i}{2334,5} \right)^{8,9505}$

(Fonte: os Autores).

Tabela 2. D_{ps}, A_w e N_w para cada amostra de areia empregada no ensaio.

Amostra	D _{ps} [m]	A _w [m ² .kg ⁻¹]	N _w [partículas.kg ⁻¹]
1	8,16E-04	30,35	5,20E+06
2	8,18E-04	30,30	5,15E+06
3	8,18E-04	30,29	5,13E+06
Média	8,17E-04	30,31	5,16E+06

(Fonte: os Autores).

A Tabela 2, apresenta os dados de D_{ps}, A_w e N_w, para as três amostras de arroz. Por meio dos resultados, pode-se analisar que o diâmetro médio de Sauter foi bem similar entre as três amostras, assim como para a área superficial e o número de partículas, que foram em média, 8,17E-04 m, 30,31 m².kg⁻¹ e 5,16E+06 partículas.kg⁻¹, respectivamente.

4 CONCLUSÃO

O peneiramento foi a operação unitária empregada neste trabalho, como processo de determinação do tamanho de partículas, por meio da técnica de peneiramento mecânico. Em vista disso, realizou-se uma análise granulométrica e verificou-se que o modelo GGS, melhor se ajustou aos dados encontrados nas amostras de arroz branco empregadas. Além disso, obteve-se um diâmetro de Sauter, área superficial específica e número de partículas em média de $8,17E-04$ m, $30,31$ $m^2.kg^{-1}$ e o N_w foi de $5,16E+06$ partículas. kg^{-1} , respectivamente.

NOMENCLATURA

GGS	Modelo Matemático	[-]
RRS	Modelo Matemático	[-]
AGD	Análise Granulométrica Diferencial	[-]
AGAR	Análise Granulométrica Retida	[-]
AGAP	Análise Granulométrica Passante	[-]
D_p	Diâmetro médio de partícula	[μm]
X_i	Fração mássica	[%]
D_i	Abertura da peneira de ordem n	[μm]
K	Tamanho médio das partículas	[μm]
m	Coefficiente angular	[-]
D'	Tamanho médio das partículas	[μm]
D_{pi}	Diâmetro médio das partículas	[μm]
$D_{(-)}$	Diâmetro peneira passante	[mm]
$D_{(+)}$	Diâmetro peneira retida	[mm]
R^2	Coefficiente de correlação	[-]
D_{ps}	Diâmetro de Sauter	[m]
A_w	Área superficial específica	[m^2/kg]
N_w	Número de partículas	[partículas/kg]
a	Fator volumétrico	[-]
ϕ	Esfericidade	[-]
φ	F_i	[-]

REFERÊNCIAS

CREMASCO, M. A. **Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidomecânicos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

FOUST, A. S.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L. B. **Princípios das operações unitárias**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MATTÉ, L. S.; SILVA, G. S.; SFREDO, M. A. **Estudo da aplicação de modelos matemáticos para a distribuição granulométrica de aveia em flocos finos**. In: II Encontro de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS, Erechim – RS. 2014.



TADINI, C. C.; TELIS, V. R. N.; MEIRELLES, A. J. A.; FILHO, P. A. P. **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.



PLANTA DE BIODIESEL PROVENIENTE DE TRANSESTERIFICAÇÃO POR ROTA BÁSICA

Mirela Araujo Reis^{1*}, Larissa de Oliveira Liberalesso¹, Paula Gabriela Dalla Porta¹, 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

*mirelaaraujor@hotmail.com

Área do Trabalho: Modelagem, Simulação, Controle e Instrumentação de Processos.

RESUMO

O biodiesel é um combustível renovável, que apresenta diversas vantagens, pois além de não ser tóxico, pode ser obtido a partir de inúmeras fontes lignocelulósicas como a soja, mamona, girassol, palma, entre outros. Posto isso, este trabalho teve como objetivo, o estudo conceitual de dimensionamento de uma indústria de biodiesel, por meio do processo de transesterificação do óleo vegetal de girassol, por rota básica. Para isso, realizaram-se os balanços de massa e energia, para posteriormente verificar as dimensões dos equipamentos. Diante disso, averiguou-se que os equipamentos utilizados, tais como tanques, reator, decantador, secador e evaporador terão dimensões de 3m³ cada, 31,28 m³, 7,56 m³, 0,14 m² e 0,87 m², respectivamente; e que a indústria terá uma produção diária de 63 m³.

Palavras-chave: *girassol, transesterificação, biodiesel, planta.*

1 INTRODUÇÃO

O biocombustível pode ser definido como todo o produto útil para a geração de energia, obtido através de fontes limpas e renováveis que não contém compostos sulfurados, como também a obtenção total ou parcialmente a partir de biomassa. Desse modo, não contribuindo para a formação de chuvas ácidas e aromáticas com alto índice de cetanos (FRANCO, 2011; PLÁ, 2002).

Segundo Costa et al. (2000), o biocombustível quando comparado ao diesel oferece vantagens para o meio ambiente com a redução de dióxido de carbono (CO₂), principal responsável pelo efeito estufa. Entre os principais exemplos de biocombustíveis renováveis destacam-se o biodiesel. Para obtenção, pode ser realizada por diferentes processos tais como craqueamento, a esterificação ou por transesterificação. Já a produção de biodiesel utiliza-se diversos tipos de óleos vegetais como matéria prima, devido ao seu alto percentual de óleo contido nos grãos tais como a canola, girassol, canela, soja, palma entre outros (FRANCO, 2011; PLÁ, 2002).

Deste modo, tem-se como objetivo principal do trabalho em questão a realização de estudo teórico da implementação de uma planta industrial de biodiesel utilizando como matéria prima o óleo de girassol, bem como dimensionar e mostrar os valores adquiridos pelo balanço de massa e o balanço energético de cada equipamento analisado.

2 MATERIAL E MÉTODO

No projeto da planta piloto foram considerados diversos fatores que estão ligados diretamente com a parte técnica e econômica do processo de produção do biodiesel. O processo de pesquisa foi desenvolvido por etapas, adotando-se, o método hipotético-dedutivo, a partir de estudos e comparações teóricas adquiridas por material bibliográfico. Com isso pode ser feito o balanço mássico e entálpico de cada equipamento.

Para o balanço de massa e energia foram utilizadas as equações globais para todos os equipamentos como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Equações utilizadas para o balanço mássico e entálpico.

Balanço de massa	$m_1 = m_2$
Balanço de energia	$h = m \left(\Delta H_f + \int_{298}^T Cp \cdot dT \right)$
Somatório das entalpias	$\Delta H = \sum h_s - \sum h_e$

(Fonte: Os Autores).

Para o dimensionamento dos equipamentos de trocador de calor, evaporador, condensador e secador foram utilizadas as mesmas equações para determinar o volume. Enquanto para o reator e decantador foram utilizadas equações pertinentes a cada equipamento, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Equações utilizadas para dimensionar cada equipamento.

Evaporador, condensador, secador	Reator	Decantador
$\Delta T_2 = \frac{(Tq_e - Tf_s) - (Tq_s - Tf_e)}{\ln(Tq_e - Tf_s / Tq_s - Tf_e)}$		
$P = \frac{Tf_s - Tf_e}{Tq_e - Tq_s}$	$Fio = \frac{130,43 \cdot MM}{\rho}$	$V = Fi \cdot t$
$R = \frac{Tq_e - Tq_s}{Tf_s - Tf_e}$	$-ri = K \cdot CA^{0,5} CB^{0,5}$	$V_{cil} = V \cdot 0,75$
$\Delta T_1 \ln = F \cdot \Delta T_2 \ln$	$\frac{Vr}{Fio} = \frac{Xie}{-ri}$	$V_{con} = V \cdot 0,25$
$q = U \cdot A \cdot \Delta T_1 \ln$		

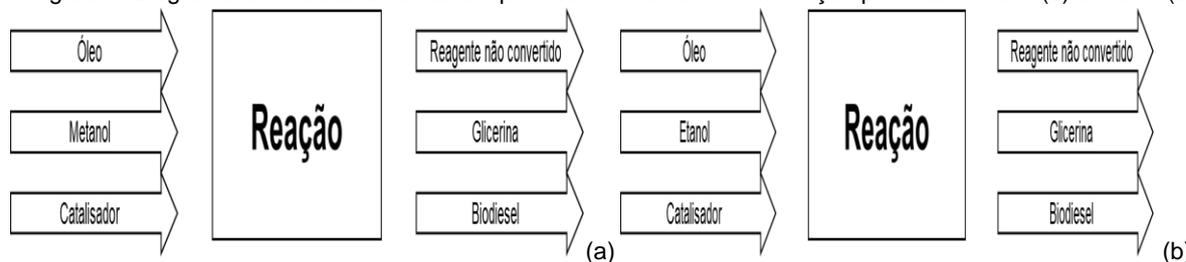
(Fonte: Os Autores).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propõe-se a realização do projeto de uma planta de biodiesel, da empresa de nome fantasia LIBARDDA, que pretende entregar ao mercado aproximadamente 63m³/dia desse biocombustível. Para tal procuraram-se as rotas de produção desse combustível de fonte renovável, usando como parâmetros para escolha da melhor rota, a relação custo-benefício, a conversão da matéria prima em biodiesel e também a disponibilidade da mesma. De antemão, descartaram-se as rotas utilizando

esterificação, craqueamento térmica, pirólise ou fluido supercrítico, dando preferência para a transesterificação. As opções encontradas encontram-se expostas nas Figura 1 (a) e (b).

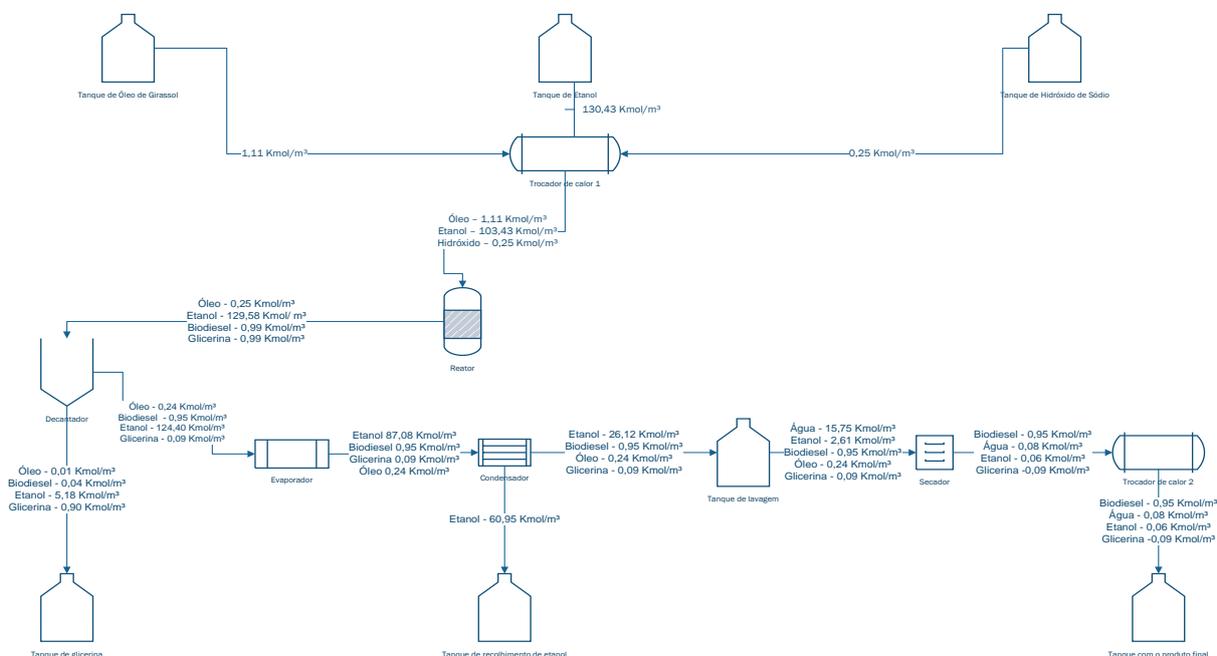
Figura 1. Diagrama de entrada do biodiesel proveniente de transesterificação por rota metílica (a) e etílica (b).



(Fonte: Os Autores).

Como pode ser observado nas figuras, as rotas diferenciam-se entre si apenas pelo tipo de álcool a ser utilizado. Por se tratar de um álcool de cadeia mais curta, o metanol, reage rapidamente com o triacilglicerídeo e dissolve facilmente o catalisador básico, permitindo a separação simultânea do glicerol dos ésteres metílicos e alta conversão dos triacilglicerídeos em ésteres, entretanto apresenta algumas desvantagens como a alta toxicidade e sintetização de fontes não renováveis (SCHUCHARDT, 1998). Optou-se assim pela utilização de etanol pelo menor risco poluidor, após as decisões da matéria prima do processo e das quantidades necessárias das mesmas, pode-se determinar as correntes que entram e saem de cada equipamento, por meio do balanço de massa de cada um dos compostos envolvidos no processo. Tais dados podem ser observados na Figura 2.

Figura 2. Entradas e saídas de cada equipamento do processo, obtidas pelo balanço de massa.



(Fonte: Os Autores).

Sob posse dos dados do balanço de massa, fazendo uso dos valores de entalpia, calor específico e massa molar de cada composto na sua forma líquida e gasosa, se necessário, realizou-



se o balanço energético do processo e com isto, fez-se possível a realização do dimensionamento de cada equipamento nele envolvido. Os dados obtidos estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 3. Dados de entalpia e dimensionamento dos equipamentos pertinentes ao processo.

Equipamento	Balanço de energia (KJ/Kg)	Parâmetros de Dimensionamento
Tanque (3)	-	3 m ³
Trocador de calor 1	3526335,39	0,059 m ²
Reator	-	31,28 m ³
Decantador	-	7,56m ³
Evaporador	78094338,85	0,88 m ²
Condensador	-39021812,95	0,95 m ²
Lavagem	-	7,56 m ³
Secagem	9806866,39	0,14 m ²
Trocador de calor 2	-763891,72	0,013 m ²

(Fonte: Os Autores).

Acredita-se que devido à valorização desse biocombustível e o aumento da sua porcentagem no combustível comum, o investimento necessário para obtenção de cada equipamento assim como para o funcionamento da planta, será facilmente abatido com os ganhos que a empresa alcançará.

4 CONCLUSÃO

Tendo em vista a elaboração de um projeto conceitual para verificar a viabilidade de implementação de uma indústria de produção de biodiesel proveniente transesterificação por rota básica, com base em sua qualidade nutricional e seu público alvo na região do estado do Mato Grosso, realizando o dimensionamento desta indústria de biodiesel e posteriormente, realizar uma análise econômica de mercado.

A produção final da indústria por dia foi de 63 m³, sendo que os valores para o dimensionamento dos principais equipamentos que podem ser considerados: reator, secador e evaporador foram de 31,28 m³, 0,14 m² e 0,88m², sendo estes primordiais para a posterior análise dos custos.

REFERÊNCIAS

CENBIO, Centro Nacional de Referência em Biomassa. **Banco de dados de massa no Brasil**. Disponível em: <<http://infoener.iee.usp.br/cenbio/biomassa.htm>>. Acesso em: 29 set. 2018.

COSTA NETO, P.R.; ROSSI, L.F.S.; ZAGONEL, G.F. e RAMOS, L.P. **Produção de biodiesel alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras**. Química Nova, v. 23, n. 4, p. 531-537, 2000.

FRANCO, Claudiomar Rodrigues; SILVA, Karla Siqueira. **Biodiesel: uma base para a alfabetização científica no ensino de química no nível médio**. Rio de Janeiro: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, 2011.



PLÁ, Juan Algorta. **Perspectivas do biodiesel no Brasil.** Porto Alegre: Indic. Econ., FEE, Porto Alegre, v. 30, n. 2, p, 179-190, set. 2002.

STORCK BIODIESEL. **O que é o biodiesel?** Curitiba. Disponível em: www.storckbiodiesel.com.br. 05 maio 2008. UNIVERSIDADE DE AÇORES. Energia renováveis. Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.lamtecid.com/energias/biocombustiveis.php>. >. Acesso em: 28 set. 2018.



PREPARO DE AROMATIZANTE ARTIFICIAL: ACETATO DE ISOAMILA

Letícia Andreola^{1,*}, Joceane Kaspar¹, Gabriel Roque Kuhn¹, Isaac dos Santos 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: Química Orgânica.

RESUMO

Aromatizantes artificiais, como aromas de frutas, por exemplo, podem ser sintetizados em laboratório. Estas sínteses orgânicas têm grande aplicação na indústria química, de alimentos e farmacêutica. O presente trabalho teve por objetivo a síntese do acetato de isoamila, responsável pelo aroma da banana, por meio da reação de esterificação de Fischer. Utilizou-se 17 mL de ácido acético glacial e 15 mL álcool isoamílico na presença de 1 mL de ácido sulfúrico concentrado como catalisador. A mistura foi submetida a aquecimento e refluxo por uma hora. O produto da síntese foi purificado por destilação. O rendimento obtido foi de 30,77% e, provavelmente, pode estar associado a possíveis perdas dos reagentes por evaporação, transferência de volumes e na própria filtração.

Palavras-chave: *síntese, aromatizante, acetato de isoamila.*

1 INTRODUÇÃO

Ésteres são compostos amplamente distribuídos na natureza. Os ésteres simples tendem a ter um odor agradável, estando geralmente associados com as propriedades organolépticas (aroma e sabor) de frutos e flores. Em muitos casos, os aromas e fragrâncias de flores e frutos devem-se a uma mistura complexa de substâncias, na qual há predominância de um único éster (Allinger, *et al.*, 1976).

Químicos combinam compostos naturais e sintéticos para preparar aromatizantes. Estes produzem aromas naturais de frutas, flores e temperos. Geralmente esses flavorizantes contêm ésteres na sua composição, que contribuem para seus aromas característicos (Allinger, *et al.*, 1976).

Na indústria de medicamentos, os ésteres estão presentes tanto no revestimento de cápsulas quanto na composição química do princípio ativo (Oliveira *et al.*, 2014).

Ésteres, principalmente os de baixas massas moleculares e alta volatilidade são comumente encontrados em aromas de flores e frutas. As bananas, por exemplo, durante o seu amadurecimento, produzem substâncias voláteis como o acetato de isoamila (Oliveira *et al.*, 2014; Stracke; Nunes, 2017).

A síntese de ésteres pode ser convencionalmente realizada pelo aquecimento de um ácido carboxílico na presença de um álcool e de um catalisador ácido (Roesler *et al.*, 2017; Stracke; Nunes, 2017).

Nesse contexto, o objetivo proposto foi sintetizar acetato de isoamila por meio de uma reação de esterificação entre álcool isoamílico e ácido acético utilizando ácido sulfúrico como catalisador.

2 MATERIAL E MÉTODO

Inicialmente, em uma capela de exaustão de gases misturou-se 17 mL de ácido acético glacial com 15 mL de álcool isoamílico, dentro de um balão de fundo chato apropriado. Em seguida, cuidadosamente, adicionou-se 1,0 mL de ácido sulfúrico concentrado a mistura.

Após, montou-se o sistema de refluxo. Colocou-se sobre um suporte universal uma manta de aquecimento, após, com uma garra de fixação, prendeu-se ao suporte o balão com a mistura previamente preparada, logo acima da manta de aquecimento, não deixando o balão encostar diretamente na manta.

No balão, conectou-se um condensador, cujo também foi fixado ao suporte universal com uma garra de fixação. Após, conectou-se as mangueiras na entrada e saída do condensador, e deixou-se a água circular. Após, ligou-se a manta de aquecimento e esperou refluxar por uma hora.

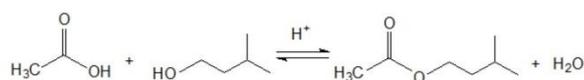
Depois de ter-se refluxado, deixou-se a solução esfriar a temperatura ambiente. Em seguida, utilizado um funil de separação, lavou-se a mistura com 50 mL de água destilada e posteriormente com duas porções de 20 mL bicarbonato de sódio saturado. Subsequentemente, secou-se o éster com sulfato de sódio anidro e filtrou-se a solução.

Após destilou-se o líquido e coletou-o em um béquer, previamente pesado. Por fim, pesou-se a quantidade obtida de destilado e calculou-se o seu rendimento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos métodos mais utilizados para obtenção de ésteres é a reação de esterificação, conforme Figura 1, essas reações geram água e são facilitadas através do aumento da temperatura do meio de reação e na presença de um catalisador ácido de Brønsted-Lowry. De acordo com Clayden, Greeves, Warren e Wothers (2007), sem catalisador, em condições normais de temperatura e pressão, essa reação ocorre lentamente, devido a sua reversibilidade.

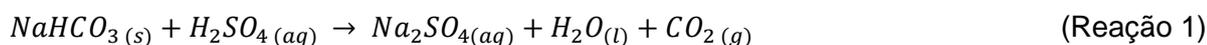
Figura 1. Reação de esterificação entre ácido acético e álcool isoamílico.



(Fonte: os autores).

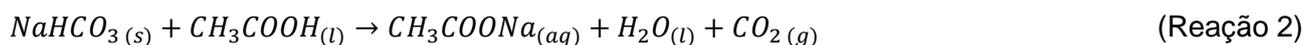
A esterificação de Fischer é uma reação de substituição nucleofílica do grupamento acila catalisada por ácido mineral, envolvendo um ácido carboxílico e um álcool. O ácido mineral protona o átomo de oxigênio do grupo carbonila, tornando o ácido carboxílico muito mais reativo ao ataque nucleofílico do álcool e dando origem a um intermediário tetraédrico. A partir disso, a transferência de um próton de um oxigênio para outro origina um segundo intermediário tetraédrico e converte o grupo OH em um bom grupo de saída. Finalmente a perda de um próton regenera o catalisador ácido, originando o éster. (Calvalcante *et al*, 2015)

Entretanto, conforme Calvalcante *et al* (2015), o processo catalítico convencional consiste na catálise homogênea com ácido sulfúrico, o qual permanece dissolvido no meio reacional. Neste processo, para remover o catalisador e separar o éster, foi realizada ao final da reação uma lavagem aquosa alcalina com solução de Bicarbonato de sódio, abordada na Reação 1.





Ademais, aplicou-se o princípio de Le Chatelier, adicionando ácido acético em excesso para aumentar o rendimento. Conforme Hanus, Glassmann, Machry e Silva (2017), a adição de solução alcalina também promove a remoção do excesso de ácido acético do meio reacional, consoante a Reação 2.



Além disso, adicionou-se Sulfato de sódio anidro, o qual possui a função de remover a água, uma vez que segundo Dean e Stark (1920), a remoção de água evita a hidrólise do éster. Dessa forma, o éster foi destilado e coletou-se o destilado entre 136 °C e 143 °C, já que a temperatura de ebulição do acetato de isoamila é aproximadamente 141 °C.

Deste modo, levando em consideração os dados da Tabela 1, foi calculado o reagente limitante, que é aquele que limita a reação, quando esse reagente acaba a reação acaba, nessa reação de esterificação para formação do acetato de isoamila o reagente limitante foi o álcool isoamílico com 0,1378 mols. E o reagente em excesso, sobrar no final da reação, estabelecido pela proporção estequiométrica, neste caso, o reagente em excesso foi o ácido acético com 0,29 mols.

Tabela 1. Dados para cálculos de rendimento.

Reagente	Massa Molar (g/mol)	Densidade (g/cm ³)
Ácido acético	130,19	0,87
Álcool isoamílico	60,05	1,05
Acetato de isoamila	88,14	0,81

(Fonte: os autores).

Também, calculou-se o rendimento da síntese realizada. Sendo que, massa teórica calculada foi 17,94 g, a partir disso, a massa experimental obtida foi de 5,52 g, a qual corresponde ao rendimento de 30,77%.

4 CONCLUSÃO

Os ésteres, em escala industrial, desempenham papel importante na produção de aromatizantes artificiais a fim de reproduzir sabores e aromas, como também estão na produção de perfumes, cosméticos, medicamentos, entre outros.

Portanto, o acetato de isoamila é um éster que possui forte odor de banana. O presente trabalho teve como objetivo sintetizar o acetato de isoamila em laboratório, obtendo como rendimento 30,77%. Todavia, o rendimento obtido pode estar associado a erros como por exemplo, possíveis perdas dos reagentes por evaporação, transferência de volumes e na filtração.

REFERÊNCIAS

ALLINGER, N. L., CAVA, M. P., JONGH, D. C., JOHNSON, C. R. **Química Orgânica**. Editora Ltc, 1976.



OLIVEIRA, C. A. et al. **Síntese de Ésteres de Aromas de Frutas: Um Experimento para Cursos de Graduação dentro de um dos Princípios da Química Verde.** Rev. Virtual Quim. 2014.

ROESLER, B. C. S. et al. **Síntese de ésteres de isoamila por diferentes lipases microbianas comerciais.** Revista Ciência e Tecnologia, Campinas. 2017.

STRACKE, M. P. e NUNES, I. S. **Experimentando a Química Orgânica:** 1ed. Curitiba: Appris Editora, 2017.

CLAYDEN, J.; GREEVES, N.; WARREN, S.; WOTHERS, P. **Organic Chemistry.** Estados Unidos: Oxford University Press, 2007.

DEAN, E. M.; STARK, D. D. **A Convenient Method for the Determination of Water in Petroleum and Other Organic Emulsions.** Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 1920.

CALVALCANTE, P. M. M.; SILVA, R. L.; FREITAS, J. J. R.; FREITAS J. C. R.; FILHO, J. R. F. **Proposal of preparation and characterization of esters: an undergraduate experiment of organic analysis.** Educación Química, v. 26, 319-329, 2015.

HANUS A.; GLASSMANN C. S.; MACHRY J. V., SILVA D. S. da; **Preparo De Aromatizante Artificial: Acetato de Isoamila.** Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, 2017.



PROCESSO DE EXTRAÇÃO DO AMIDO DE MILHO SECO E VERDE

Danieli Emmel Becker^{1,*}, 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.

*danieliebecker@aluno.santoangelo.uri.br

Área do Trabalho: Processos Industriais.

RESUMO

O milho se destaca como um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos em todo o mundo. O amido apresenta propriedades de segurança fisiológica e biodegradabilidade, sendo encontrado em grande abundância, pois é a principal substância de reserva em plantas, como o milho. O amido do milho pode ser obtido por meio da moagem úmida, em que, a principal etapa é a maceração. Em meio a isso, este trabalho teve enfoque na obtenção do amido a partir do grão de milho, onde avaliou-se o rendimento e utilizou-se a análise de FTIR para a caracterização do produto. Para tanto, usaram-se nos testes o milho seco e verde, sendo que inicialmente, foi realizada a coleta, limpeza e preparação do grão de milho para o processamento; seguido, da separação do amido de milho da proteína utilizando peneiras e centrífuga; e enfim a secagem e trituração do amido. Com base nos testes realizados, obteve-se amido com aparência e textura idêntica ao comercial, além de bandas de absorvância semelhantes às que são características do amido. Também, pode-se verificar que o milho seco demonstrou maior rendimento para o amido (53,7%), quando comparado a 48,5% de amido para o milho verde.

Palavras-chave: *milho, amido de milho, obtenção do amido, maceração.*

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é um cereal pertencente à família das gramíneas, composto por aproximadamente 10% de proteínas, 10% de fibras, 73% de amido, 5% de óleo, 2% de cinzas e 2% de açúcares (JACKSON.; SHANDERA, 1995). O milho se destaca por ser um dos principais cereais cultivados e consumidos em todo o mundo, seja na alimentação humana ou animal (NUSSIO, 1990). Na safra de 2017/2018 o grão alcançou a produção mundial de 1,036 bilhões de toneladas (USDA, 2018), e neste mesmo período, a produção brasileira atingiu cerca de 81,3 milhões de toneladas (CONAB, 2018).

Os amidos ($[C_6H_{10}O_5]_n$) são polissacarídeos que apresentam propriedades de segurança fisiológica e biodegradabilidade, e são encontrados em grande abundância por ser a principal substância de reserva em plantas, como batata, milho, trigo, mandioca, arroz e feijão (WEBWE; COLLARES-QUEIROZ; CHANG, 2009). Na indústria alimentícia, o amido melhora o processamento de certos alimentos, é usado como espessante de sopas, caldos e molhos de carne, fornece a propriedades ligantes a embutidos de carne, e é um estabilizante em molhos de saladas (SILVA *et al*, 2006).

O amido do milho pode ser obtido por meio da moagem úmida, processo em que também são gerados como subprodutos o germe, a fibra e a proteína. Na moagem úmida a principal etapa é a maceração, em que ocorrem transformações químicas e bioquímicas, que ajudarão na separação dos subprodutos do amido do milho. A maceração do grão ocorre por meio de imersão em uma

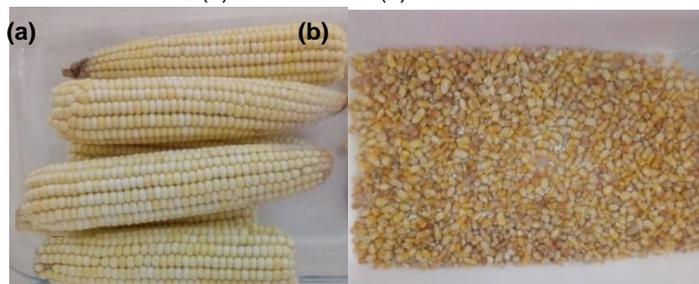
solução de ácido láctico e metabissulfito de sódio, por um determinado período a temperatura constante (MUSSOLINI, 2009).

Em meio a isso, este trabalho tem como objetivo a obtenção do amido termoplástico a partir do grão de milho verde e seco. Avaliou-se o rendimento do amido obtido, e utilizou-se a análise de FTIR (espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier) para a caracterização do produto.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para a extração do amido do milho, utilizaram-se nos testes o milho seco e verde, conforme pode ser visualizado na Figura 1. Quando utilizado em espiga, o milho foi separado manualmente, com auxílio de uma espátula.

Figura 1. Milho verde (a) e milho seco (b) utilizados nos testes realizados.



(Fonte: os Autores).

Inicialmente, os grãos de milho foram submetidos a maceração em um béquer, com uma solução contendo água destilada (0,9 L), ácido láctico (9 mL) e metabissulfito de sódio (2,75 g). Este processo foi realizado em banho maria, a temperatura de 50 a 55 °C, sendo que o período de contato entre a solução de maceração e o milho foi de 48 horas – para milho seco –, e 24 horas – para milho verde. Depois da maceração, separou-se o milho por meio de filtração e o grão foi submetido a moagem em um liquidificador durante 5 a 10 minutos.

A seguir, com a solução obtida, executou-se o processo de separação da fibra e gérmen do líquido. Para tanto, utilizou-se uma peneira de 325 mesh, que foi colocada sobre o agitador de peneiras, durante o período de 10 minutos. Para obtenção de maior rendimento, o processo de separação da fibra e do gérmen foi realizado por 6 vezes consecutivas, sendo que a cada 10 minutos o material presente na parte superior da peneira foi retirado e remisturado com 100 mL de água destilada.

Após o peneiramento, obteve-se na parte superior da peneira o gérmen e a fibra – fração sólida –, e na parte inferior o amido e a proteína dissolvidos em água – fração líquida. A fração sólida foi seca em estufa durante 24 horas, com temperatura de 50 a 55 °C, e pesada para cálculo de rendimento. A parte líquida, seguiu para processo de centrifugação, onde devido a densidade do amido ser maior que a da proteína, ocorreu a separação. Na centrifuga, submeteu-se a solução a rotação de 1000 rpm por 10 minutos, na sequência, a proteína e o amido foram retirados com o auxílio de espátula e água, e secos em estufa durante 24 horas, com temperatura de 50 a 55 °C. Posteriormente, o amido foi triturado com um gral e pistilo, e pesado para cálculo de rendimento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização da parte experimental, obtiveram-se o amido de milho verde e o de milho seco, conforme pode ser visualizado na Figura 2, onde o produto alcançado, nos dois casos, apresentou textura e coloração idêntica ao comercial.

Figura 2. (a) amido obtido do milho verde e (b) do milho seco.

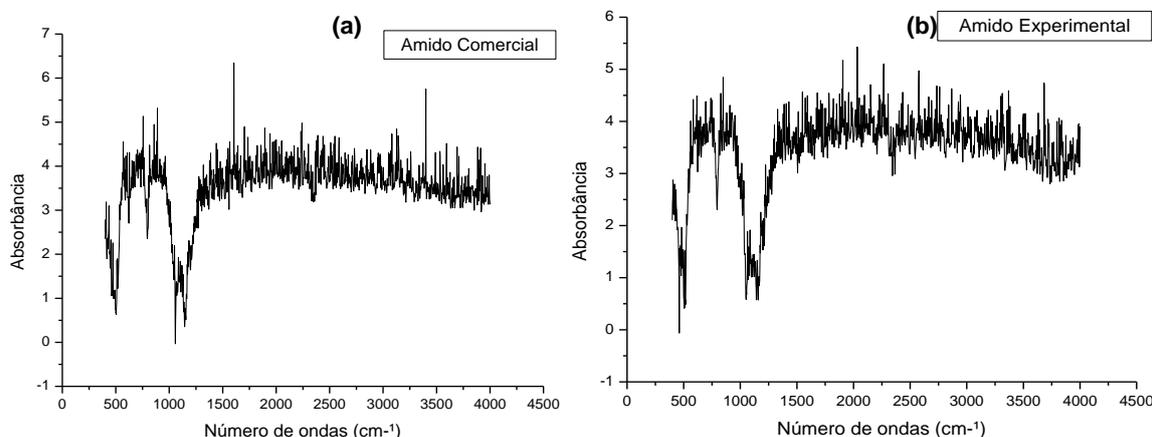


(Fonte: os Autores).

Também se verificou a umidade do milho verde (57%) e do milho seco (7,9%), por meio de testes seguindo a norma de Adolfo Lutz (2008). Com os valores da umidade, calculou-se o rendimento de amido para o milho verde e seco, para isso descontou-se a umidade da massa empregada em cada teste, obtendo-se a massa seca utilizada, a partir desta e da quantidade de amido obtida na extração determinou-se o rendimento do amido. Além disso, contabilizaram-se as percentagens de perdas por meio da pesagem da fibra, gérmen, proteína e amido extraídos do milho, e comparação com a massa seca empregada. O rendimento de amido no milho verde foi de 48,5% e no milho seco foi de 53,7%. Ainda pode-se observar que a quantidade de perdas no processo de milho verde (8%) foi bem superior ao do processo que envolve o milho seco (4,4%), mesmo utilizando metodologias idênticas.

Por fim, foi realizada a análise comparativa entre o amido obtido experimentalmente e o comercial, utilizando a espectroscopia de absorção na região do infravermelho, utilizando o Shimadzu IRTracer-100, realizando a varredura entre as bandas de 4000 e 400 cm^{-1} , como pode ser visualizada na Figura 3.

Figura 3. Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier do amido comercial (a) e amido obtido experimentalmente (b).





(Fonte: os Autores).

A partir da Figura 3, pode-se observar que o amido comercial, e o obtido experimentalmente apresentaram absorbâncias concomitantes na região 1200 a 1000 cm^{-1} , ou seja, nas bandas consideradas características do amido e que são atribuídas a vibrações de deformação axial de C-O em álcoois e a vibrações de deformação axial do sistema O-C-O (SILVERSTEIN; BASSLER; MORRILL, 1991).

4 CONCLUSÃO

Com base nos testes realizados, constatou-se que é possível extrair o amido do milho verde e do milho seco, com as mesmas características. Também, pode-se verificar que o milho seco demonstrou maior rendimento para o amido (53,7%) e menores perdas (4,4%) quando comparado a 48,5% de amido e 8,8% de perdas para o milho verde in natura.

Além disso, foi possível obter-se amido com aparência e textura semelhante ao comercial, e com bandas de absorvância semelhantes às que são características do amido na avaliação da espectroscopia de absorção na região do infravermelho o que evidencia o sucesso dos testes realizados.

REFERÊNCIAS

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **Monitoramento agrícola**, v. 5, n. 12, p. 25-31, set. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-gaos/item/download/22227_378630c35e68682d6a984ecbd43bfe1d>. Acesso em: 04 jan. 2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Químicos e Físicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, v. 1, 4. ed., 2008, 1020 p.

JACKSON, D. S.; SHANDERA, D. L. Jr. Corn wet milling: Separation chemistry and technology. **Advances in Food and Nutrition Research**, Lincoln, v. 38, p. 271-300, 1995.

MUSSOLINI, R. C. **Caracterização físico-química e rendimento da moagem úmida de quatro híbridos de milho**. 2009. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto – São Paulo, 2009.

NUSSIO, L. G. **Milho**. A cultura do milho e sorgo para a produção de silagem, Piracicaba: USP, ESALQ, p. 58-86, 1990.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Production**. Maio 2018. Disponível em: <<https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/5q47rn72z/wp988k21z/05741s07g/worldag-production-05-10-2018.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2019.



SILVA, G. O. *et al.* Características físico-químicas de Amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 26(1): 188-197, jan./mar. 2006.

SILVERSTEIN, R. M.; BASSLER, G. C.; MORRILL, T. C. - "Infrared Spectrometry". In: **Spectrometric Identification of Organic Compound**, p. 91, John Wiley & Sons, Singapura (1991).

WEBWE, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 29. p. 748-753, 2009.



PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TIJOLO COM ADIÇÃO DE LODO

Camila Simsen Katzer^{1,*} Rafael Schneider¹

¹FAHOR – Faculdade Horizontina, Curso de Engenharia Química

*email do autor correspondente: CK002853@fahor.com.br

Área do Trabalho: Processos industriais.

RESUMO

O lodo gerado em diversas atividades industriais tem se mostrado um grande problema no Brasil. Em especial o acúmulo de lodo de mineração em barragens já provocou dois grandes desastres ambientais, com potencial de novas ocorrências. Considerando a necessidade de dar um destino ao lodo gerado não só na mineração, mas também em estações de tratamento de afluentes e efluentes, essa pesquisa foi realizada junto a um estudo de campo, para avaliar a possibilidade de adicionar o lodo gerado no processo de fabricação de tijolos cerâmicos. A proposta é fazer com que este resíduo seja misturado com argila, extraída de jazidas, a fim de adicionar na massa para fabricação de tijolos cerâmicos. A mistura deste material não irá diminuir a geração de lodo, mas irá dar um novo destino para o resíduo, ao transformá-lo em matéria-prima, quando, normalmente, o lodo é depositado em aterros ou encaminhado para compostagem. Este descarte não é incorreto e não causa tantos impactos ambientais. Entretanto, a extração de argila, que ocorre em grande quantidade, causa danos ambientais quando extraída, ao alterar ecossistemas da região onde se encontram. Desta forma, a incorporação do lodo no processo irá trazer benefícios tanto para a empresa geradora, que irá diminuir custos da destinação e descarte deste resíduo, e reduzir a quantidade de argila extraída. Dentro deste trabalho se espera que a adição do lodo não irá diminuir a qualidade do tijolo e o processo de fabricação não irá necessitar grandes alterações, além de contribuir nas questões ambientais e econômicas.

Palavras-chave: Meio ambiente, inovação, tijolos, lodo, gestão de resíduos.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a ABCERAM (2016), a cerâmica compreende todos os materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente após tratamento térmico em temperaturas elevadas e dentre os vários tipos que existem, a cerâmica vermelha é aquele material com coloração avermelhada empregada na construção civil e também utensílios de uso doméstico e de adorno.

Conforme Márcia Cristina Dos SANTOS (2015), a utilização dos recursos naturais em escala cada vez maior tem gerado grande preocupação, tanto com a possibilidade de uma escassez eminente, quanto pelas consequências ambientais que processos industriais podem causar ao ambiente, devido à geração de resíduos. Um processo industrial muito empregado atualmente é a produção de materiais cerâmicos. Assim como qualquer atividade industrial, a produção de cerâmica vermelha também causa impactos ambientais, e pode-se afirmar que o maior de todos é a extração de argila, utilizada como matéria-prima. A extração das jazidas vai degradando o meio ambiente, alterando as características da região, agredindo o solo e o ecossistema.



Com a introdução da Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que propõe um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos além da destinação ambientalmente adequada dos resíduos, com a meta de atingir um consumo mais sustentável. Pensando nisso, desenvolveu-se um estudo sobre a possibilidade da utilização do lodo misturado com a argila para formar a massa, pois a destinação do lodo, por mais que não seja considerado um resíduo perigoso, também causa danos ao meio ambiente. Dentro do princípio dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar), a incorporação do lodo no processo de fabricação de tijolos não evita a geração do resíduo, mas torna possível a sua reutilização. No momento em que se faz essa reutilização, diminui-se a extração de matéria-prima de fontes naturais, reduzindo o fator de maior impacto ambiental dentro do processo de produção de cerâmicas.

O escopo deste trabalho está em melhor compreender o processo para possibilitar a realização de ensaios e o planejamento de experimentos futuros para verificar a eficiência, resistência e durabilidade de tijolos cerâmicos contendo lodo em sua composição. Também buscar as bases para verificar a redução da quantidade de argila a ser extraída das jazidas, através do desenvolvimento de um novo destino para o lodo, que hoje é destinado para aterros ou compostagem. Por fim se destaca a geração de valor econômico, ao produzir um produto cerâmico com valor agregado, por ser uma espécie de tijolo ecológico, de menor impacto ambiental.

2 MATERIAL E MÉTODO

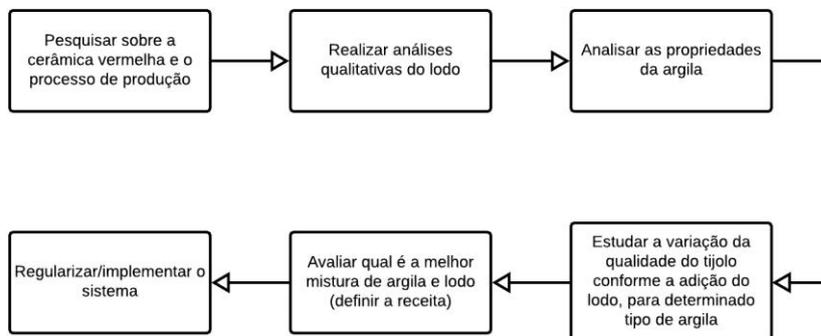
Tendo em mente a possibilidade de redução de custos e do impacto gerado pela indústria de materiais cerâmicos no meio ambiente, este projeto pretende analisar a possibilidade de adição de lodo proveniente de ETE's, ETA's além de lodo acumulado em barragens à argila usada como material base na produção de tijolos e telhas. O lodo a ser adicionado é considerado um resíduo destas indústrias, e nossa abordagem permitiria, de forma inovadora no âmbito regional, a transformação de um resíduo em um subproduto.

O trabalho utilizou o método hipotético-dedutivo, pois foram necessárias pesquisas para saber o que são os materiais cerâmicos e sobre o processo de produção. Experimentos serão necessários a fim de verificar se o tijolo atenderá os parâmetros legais e normativos, além das demandas mercadológicas.

Com o conhecimento dos detalhes do processo de produção, será necessária uma análise qualitativa tanto do lodo quanto da argila, para melhor determinar a quantidade de lodo que pode ser adicionado à massa, sem prejudicar a conformidade normativa dos produtos. Por fim, a quantidade de lodo que necessário para encontrar o ponto da massa será definido através de ensaios onde os tijolos produzidos serão testados, para definir a receita da massa, garantindo as propriedades termomecânicas ideais.



Figura 1: Fluxograma de atividades proposto para a metodologia adotada.



Fonte: Autor

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos aspectos relevantes na produção de tijolos, blocos e telhas cerâmicas é a abundância da matéria-prima. No entanto, a existência de grandes depósitos de argila e o choque de interesses entre empresas de exploração e entidades ambientais governamentais vem reduzindo as áreas disponíveis, podendo a médio e longo prazo colocar em risco o abastecimento futuro, principalmente em regiões mais densamente ocupadas.

Como forma de mitigar esse possível desabastecimento, estudou-se a possibilidade de aproveitamento de resíduos de outras indústrias como matéria-prima para a confecção de tijolos. A reutilização do lodo permite, além de minimizar o impacto ambiental oriundo da sua disposição final, diminuir a necessidade de matéria-prima das indústrias de cerâmica vermelha.

A adoção de uma mistura de lodo e argila como matéria-prima na produção de cerâmicos é promissora. Ocorre a redução do uso de matéria-prima base (argila), se proporciona um encaminhamento útil aos resíduos, onde ocorre a agregação de valor à um resíduo. Também é possível entregar um produto diferenciado ao consumidor, pois os tijolos e telhas que utilizam lodo possuem podem ser chamados de sustentáveis, pois reduzem o impacto da ação humana na natureza.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria de cerâmica vermelha possui aspectos bastante positivos no que diz respeito à matéria-prima abundante e a ampla possibilidade de absorver diversos tipos de resíduos, possibilitando a redução da extração da argila e a reutilização de resíduos, que são os principais objetivos deste trabalho. Essas características gerais apontam para um excelente desempenho ambiental do material.

Uma preocupação que se tem é com a qualidade do tijolo, razão pela qual não se fazem tijolos exclusivamente com lodo. Embora ocorra diminuição da qualidade e resistência do material cerâmico com a adição de lodo, dentro do caso em estudo não parece ser um problema, pois, de acordo com informações do engenheiro da empresa, o tijolo produzido nesta olaria é, em média, três



vezes melhor que os demais. Então, mesmo que haja redução de qualidade, isso não será um problema no atendimento dos parâmetros.

Por fim, este trabalho permite avaliar uma possibilidade de reduzir o impacto ambiental ao mesmo tempo que se gera possibilidade de maiores receitas para a indústria. A transformação de um resíduo em matéria-prima reduz despesas com o descarte apropriado, enquanto o produto gerado tem um valor agregado maior pois é sustentável, podendo até ser chamado de um *ecotijolo*.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA – **ABCERAM. Informações Técnicas - Processos de Fabricação**. Disponível em < <https://abceram.org.br/processo-de-fabricacao/>>. Acesso: abril de 2019.

GRICOLETTI, Giane de Campos. **Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha no estado do Rio Grande do Sul**. Disponível em <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1753/000307557.pdf?sequence=1>>. Acesso: abril de 2019.

RODRIGUES, Lara Pessin. **Preparação e caracterização de piso cerâmico vitrificado incorporado com resíduo de estação de tratamento de água**. Disponível em <<http://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/Tese-de-doutorado-pdf.pdf>>. Acesso: abril de 2019.

VISITA técnica para conhecer uma olaria, no Noroeste do Rio Grande do Sul. Ministério do Meio Ambiente. **Princípio dos 3R's**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/consumo-consciente-de-embalagem/principio-dos-3rs.html>>. Acesso: abril de 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos.html>>. Acesso em: maio de 2019.

SILVA C. R. L. da, CHINELATTO A. L. **Viabilidade da incorporação do lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) em massa cerâmica para produção de blocos**. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132015000100006. Acesso em: maio de 2019.

SANTOS, Márcia Cristina dos. **Imobilização de metais oriundos de lodo galvânico em corpos cerâmicos vitrificados**. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/136461/Resumo_41357.pdf?sequence=1>. Acesso em: maio de 2019.



PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Kamilla Osório Rodrigues^{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
*kamilla_or@hotmail.com

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

RESUMO

Na busca de encontrar um combustível alternativo considera-se o etanol de segunda geração, que faz-se uso de materiais lignocelulósicos e tem a capacidade renovável de prover energia, tais como excedente de bagaço, lixo e outros resíduos agrícolas que podem ser utilizados através de tratamentos químicos, termoquímicos ou rotas bioquímicas. O artigo em questão trata da obtenção do etanol assim analisando suas propriedades e vantagens quanto aos resíduos, nos quais utilizados foram o bagaço de cana e a palha de milho. Contudo realizou-se o processo de pré-tratamento, e logo em seguida a hidrólise para obter os açúcares presentes nos resíduos. Desta forma, realizou-se a fermentação com a levedura *Saccharomy Cescerevisiae*, na qual foi analisada em diferentes concentrações de 10g/L e 30g/L, e então determinou-se o teor de etanol dos materiais em estudo e objetivou-se o valor de 11% de etanol para os dois resíduos utilizados e em ambas concentrações.

Palavras-chave: *resíduos agrícolas, bioetanol, fermentação.*

1 INTRODUÇÃO

Em busca da expansão da produção de bioetanol sem comprometer a segurança alimentar e garantindo o fornecimento de combustível, surge o estudo do processo para obtenção do bioetanol de segunda geração, que faz uso de materiais lignocelulósicos, tais como excedente de bagaço, lixo e outros resíduos agrícolas que podem ser utilizados, através de tratamentos químicos, termoquímicos ou rotas bioquímicas, para obter o produto-alvo, melhorando o processo de eficiência, bem como reduzindo os impactos ambientais (NUNES et al., 2013).

A via fermentativa é a maneira mais importante para obtenção do álcool etílico no Brasil. Mesmo que venha a haver disponibilidade de derivados do petróleo que permitem a produção de álcool como síntese, a via fermentativa ainda será de grande importância para a produção de álcool de boca, sob a forma de aguardentes. Um dos fatores que torna a produção de etanol por fermentação a forma mais econômica de sua obtenção é o grande número de matérias-primas naturais existentes em todo o país. Sua distribuição geográfica, que encerra diversos climas e tipos de solo, permite seu cultivo em quase todo território e durante todo o ano. Na obtenção do álcool por via fermentativa, distinguem-se três fases: o preparo do substrato, a fermentação e a destilação (LIMA et al., 2007)

O trabalho em estudo objetiva utilizar resíduos agrícolas utilizados no Brasil como fonte de energia, para produção de bioetanol de segunda geração. Em questão o bagaço de cana e a palha de milho, analisando suas propriedades e vantagens quanto as suas características.



2 MATERIAL E MÉTODO

Em um primeiro momento para a realização do procedimento de obtenção de etanol de segunda geração, utilizou-se a palha de milho e o bagaço de cana-de-açúcar. Os mesmos foram moídos em moinho de facas, peneirados e os resíduos passantes da peneira Tyler Mesh 28 e retidos no fundo foram utilizados para o estudo.

2.1 Pré-tratamento ácido

Aplicou-se o método de pré-tratamento ácido, realizou-se em duas condições de concentrações do ácido sulfúrico, 0,75% e 1,45%. Feitos em triplicata para cada concentração, pesou-se aproximadamente 1 g dos resíduos de bagaço de cana e palha de milho secos e peneirados e foram adicionados a um balão volumétrico de 100mL e adicionou-se 20 mL de ácido sulfúrico diluído. O balão foi acoplado em evaporador rotativo com rotação fixa de 60rpm durante o tempo de 1h15min. A seguir, lavou-se os resíduos com água destilada e estes foram filtrados em papéis filtro até neutralização em pH 6. O resíduo então foi conduzido a estufa na temperatura de 100 °C por 1 hora para remoção da umidade e após ao dissecador, e posteriormente armazenados (DE ASSUMPÇÃO et al., 2015).

2.2 Hidrólise ácida

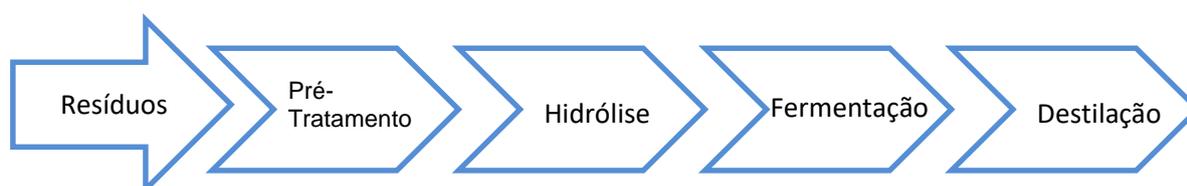
Logo após, efetuou-se a hidrólise ácida, realizada em triplicata. Acrescentou-se em béqueres de 100 mL aproximadamente 2 g de cada resíduo, hidrolisando-os com 30 mL de ácido sulfúrico 72%, e destinados ao banho maria a temperatura de 45 °C durante 15 minutos sob agitação. Em seguida, transferiu-se para erlenmeyers de 500 mL adicionando 275 mL de água destilada, e dirigiu-se os mesmos para autoclave por 30 minutos a temperatura de 120 °C devidamente vedados com papéis alumínio. Após, foram mantidos em temperatura ambiente e filtrou-os, a seguir as frações sólidas e líquidas foram armazenadas separadamente para estudos posteriores (DE ASSUMPÇÃO et al., 2015).

2.3 Fermentação

Em seguida foi realizada a fermentação, em temperatura ambiente utilizando o caldo obtido na hidrólise ácida realizada anteriormente, adicionou-se a um béquer as proporções de 100mL de água destilada e 150mL do caldo em concentrações de 10g/L e 30g/L, nas quais utilizou-se 2,5g, 7,5g respectivamente da levedura *Saccharomy Cescerevisiae*. Assim levando-os a agitação constante e medindo seus teores de açúcares a cada 30min através do refratômetro, até que seus teores obtivessem valores constantes (SILVA, 2014).

2.4 Determinação do teor de etanol

Os resíduos correspondentes a fermentação foram levado-os ao evaporador rotativo, com rotação de 120rpm deixando-os destilar por aproximadamente 40min até obtenção do etanol, após foram determinados com auxílio do alcoômetro os teores de etanol presentes em cada amostra. (LUZ, 2016)



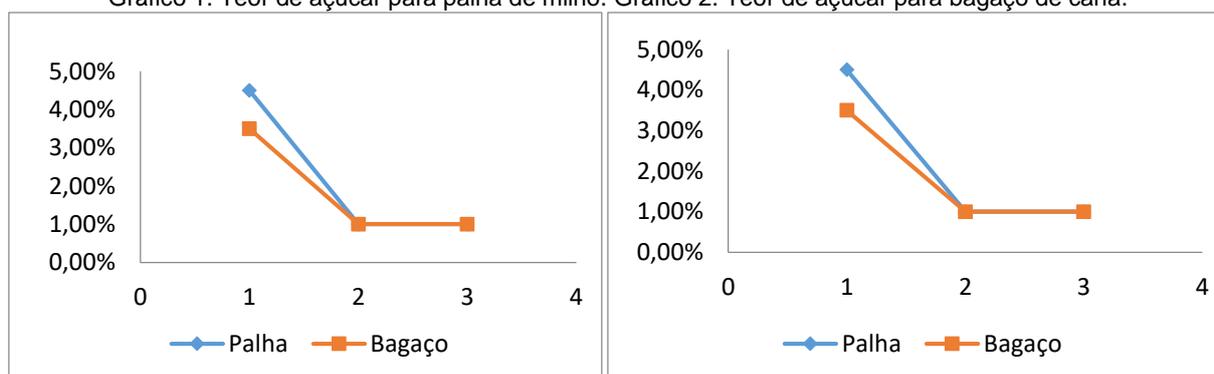
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente com a etapa de pré-tratamento devidamente efetuada, realizou-se a hidrólise ácida para a obtenção dos açúcares nos resíduos e reservada para estudos posteriores.

Em seguida foi realizada a fermentação, em temperatura ambiente e utilizando o caldo obtido na hidrólise ácida realizada anteriormente, adicionou-se a um béquer as proporções de 100mL de água destilada e 150mL do caldo, em concentrações de 10g/L e 30g/L da levedura *Saccharomy Cescerevisiae*. Assim levado-os para agitação constante e medindo-o seus teores de açúcares a cada 30min através do refratômetro, até que seus teores obtivessem valores constantes.

Os resultados obtidos de teores de açúcares, através da fermentação com a levedura *Saccharomy Cescerevisiae*, com diferentes concentrações, constados no gráfico 1 Brix *versus* Tempo para a concentração 10g/L e gráfico 2 Brix *versus* Tempo para de 30g/L.

Gráfico 1. Teor de açúcar para palha de milho. Gráfico 2. Teor de açúcar para bagaço de cana.



Fonte: O autor Fonte:O autor

Enfim por meio da destilação obteve-se o etanol nas concentrações de 10g/L e 30g/L, assim resultando em valores de 11% de teor de etanol para o bagaço de cana, e 11% de teor de etanol para a palha de milho em ambas concentrações. Em vista disso temos que a hidrólise não obteve o êxito esperado, e levou-se em consideração o percentual Brix para os resíduos ter ficado abaixo de 10%, dificultando uma fermentação produtiva.

4 CONCLUSÃO

Levou-se em consideração para a escolha dos resíduos suas propriedades e sua alta produção na região, analisando os mesmos e testando sua resistência e eficácia. Deste modo, visa-se conversão de celulose em etanol, visando o aproveitamento do potencial energético dos resíduos agroindustriais.

No entanto, o resultado obtido para os resíduos de 11% decorre de uma hidrólise possivelmente não eficaz, decorrente disso busca-se novos meios para melhorar seu rendimento. Porém a diferença se deve a utilização de diferentes variedades de cultura dos resíduos, de condições climáticas e de solo da região de produção, assim não tem-se um parâmetro para comparação dos estudos.



REFERÊNCIAS

DE ANDRADE, L. F. **Produção de etanol de segunda geração**. Monografia apresentada ao programa de Pós-graduação em Microbiologia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014.

DE ASSUMPÇÃO, S. M. N. **Pré-tratamento químico combinado do bagaço da cana visando a produção de etanol de segunda geração**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2015.

LIMA, U.A.; SHMIDELL, W.; BORZANI, W.; AQUARONE, E. **Biotecnologia Industrial – Processos Fermentativos e Enzimáticos**. Edit. Blucher Vol. 3. São Paulo, 2007.

LUZ M. A. D., SOUZA H. G. S., CASTRO D. A. R., RIBEIRO H. J. S., OLIVEIRA R., MACHADO N. T. **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.

MURAKAMI N. A. L. S., BOMBANA G. A., AFFONSO G. S. **Processo produtivo do etanol de segunda geração usando bagaço de cana-de-açúcar**. X Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, 2016.

NUNES, R.M.; GUARDA, E.A.; SERRA, J.C.V.; MARTINS, A.A. **Resíduos agroindustriais: potencial de produção do etanol de segunda geração no Brasil**. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 14, n. 22, p. 113-238, jul./dez. 2013. Universidade Federal do Tocantins (UFT). Palmas, 2013.

SILVA G. M., CRUZ A. J. G. **Hidrólise e fermentação simultânea do bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado hidrotermicamente**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2014.



PROJETO DE UMA INDÚSTRIA CERVEJEIRA

Carolina Smaniotto Fronza^{1,*}, Dinalva Schein¹, Gabriela A. K. Bremm¹, Gabriele D. Ávila¹, Enrique C. Peres¹

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

*carolsmaniottof@gmail.com

Modelagem, Simulação, Controle e Instrumentação de Processos.

RESUMO

A cerveja é uma bebida alcoólica produzida a partir de malte, água, lúpulo e levedura, sendo a bebida alcoólica mais consumida no cenário mundial. As cervejas artesanais tem ganhado força, pois possuem aromas e sabores distintos, tendo alta qualidade e altos preços. Uma das etapas mais importante para a produção de uma cerveja artesanal é a escolha do estilo a ser produzido, as matérias-primas que serão utilizadas e os equipamentos envolvidos na produção. A *Weissbier* é uma cerveja com 50 a 60% de trigo maltado, produzida por alta fermentação liberando no mosto aromas de cravo-da-índia e banana e, ainda, leves aromas de cereais e baunilha, tendo um produto leve e suave de fácil aceitação ao paladar do consumidor. Portanto, o objetivo deste projeto foi encontrar projetar uma indústria de cerveja artesanal, levando em conta o potencial econômico, bem como os equipamentos a serem utilizados e seus dimensionamentos. Assim, pode-se encontrar os tamanhos de equipamentos como os tanques com volume de 3,144 m³ e de 4,134 m³, necessários para suprir a demanda de produção estipulada de 10000 litros de cerveja.

Palavras-chave: *Projeto de indústria, dimensionamento de equipamentos, cervejaria.*

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é uma bebida alcoólica produzida a partir de malte, água, lúpulo e levedura, sendo a bebida alcoólica mais consumida no cenário mundial. O Brasil é o terceiro maior consumidor de cerveja do mundo, tendo-se uma perspectiva de aumento no consumo e nos preços, esperando-se que a receita cresça 7,3 % até 2021 e que os preços subam 6,2 % no período. No cenário atual, as cervejas artesanais têm ganhado força, pois possuem aromas e sabores distintos, tendo alta qualidade e, conseqüentemente, altos preços, sendo ideal para consumidores adeptos a produtos diferenciados e exclusivos (Morado, 2009).

Quanto à produção de cervejas artesanais, uma das partes mais importantes para a produção desta é a escolha do estilo de cerveja a ser produzido, das matérias-primas e as quantidades a serem utilizadas na produção. O malte, por exemplo, deve fornecer os açúcares que serão fermentados pelas leveduras e se transformaram em álcool e gás carbônico após o fim do processo de fermentação. Este malte pode ser de cevada, trigo, aveia, dentre outros, e é responsável por dar o sabor, a cor da cerveja, a espuma e alguns aromas conforme o tipo de malte e a secagem empregada (Rosa e Afonso, 2014). O lúpulo é utilizado para dar aromas e sabores diferenciados às cervejas já que contém resinas e óleos essenciais responsáveis pelo palato e características sensoriais da cerveja. As leveduras são microrganismos unicelulares responsáveis por converter os açúcares



fermentescíveis em etanol, gás carbônico e outros subprodutos, por meio de reações bioquímicas (Paiva, 2011).

Um estilo de cerveja artesanal é a *Weissbier*, cerveja cujo ingrediente principal é o trigo. Para sua preparação, utiliza-se cerca de 50 a 60% de trigo maltado, sendo realizada uma alta fermentação que libera no mosto compostos fenólicos e ésteres, com aromas predominantes de cravo-da-índia e de banana e, ainda, leves aromas de cereais e baunilha. A fermentação é rápida (3 a 5 dias) e apresenta-se como uma bebida bastante refrescante e efervescente, que deve ser apreciada enquanto jovem e fresca, pois à medida que envelhece, perde suas características organolépticas (BJCP, 2015).

Diante disto, o objetivo deste trabalho foi projetar uma indústria para fabricação de cerveja especial, realizando o dimensionamento dos equipamentos a serem utilizados, com o intuito de produzir uma bebida de qualidade que agrade o consumidor da região na qual será estabelecida a indústria, para assim, se obter um retorno financeiro considerável ao passo que será investido no crescimento da indústria.

2 MATERIAL E MÉTODO

Primeiramente, fez-se um estudo do potencial econômico de diferentes estilos de cervejas artesanais e decidiu-se qual seria o estilo de cerveja que a indústria projetada iria produzir. Além disso, decidiu-se os ingredientes à serem utilizados, a rota de produção e o endereço em que a para instalação da indústria, levando em consideração o potencial de desenvolvimento da indústria.

2.1 Balanço de massa

Calculou-se os balanços de massa para cada um dos equipamentos utilizados na produção. Para isso, estipulou-se uma produção mensal de 10.000 litros de cerveja, divididos em 4 bateladas de 2.500 litros de cerveja. Com a produção final estipulada, iniciou-se os cálculos, conforme a Equação 1, iniciando pelos equipamentos no final da linha de produção até chegar-se nos primeiros, considerando sempre os valores de entrada, saída, geração, consumo e acúmulo.

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

Para esses cálculos fez-se necessário buscar dados na literatura, como massa específica dos líquidos, dados de conversão, eficiência, perda de massa nos equipamentos e composições das correntes de entrada e saída.

2.2 Balanço de energia

Para os cálculos de balanço de energia considerou-se apenas os equipamentos que sofrem troca térmica durante o seu funcionamento. Então, utilizando-se das Equações 2 e 3, calculou-se, respectivamente, a entalpia das correntes e o balanço de energia, para o tanque de cozimento, a caldeira e o trocador de calor, equipamentos em que há diferença entre a temperatura inicial e final.

$$H = m \Delta H_{\text{formação}} + \int_{T_1}^{T_2} C_p dT \quad \text{Equação 2}$$

$$\Delta H = H_{\text{saída}} - H_{\text{entrada}} \quad \text{Equação 3}$$

Assim como no balanço de massa, também se buscou dados na literatura, como a capacidade calorífica dos componentes das correntes e a entalpia de formação destes.

2.3 Dimensionamento dos equipamentos

Com os dados de balanço de massa e de energia calculados, foram dimensionados os equipamentos que à serem utilizados na indústria. Para isto, utilizou-se equações apropriadas para cada um dos equipamentos, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Equações para dimensionamento dos equipamentos.

Tanque de Cozimento	$V_{total} = V_m + V_a$	Trocador de calor	$= \frac{F}{(R^2 + 1)^{\frac{1}{2}} \ln \left[\frac{1-P}{1-RP} \right]}$ $(R-1) \cdot \ln \left[\frac{2-P[(R+1) - (R^2+1)^{\frac{1}{2}}]}{2-P[(R+1) + (R^2+1)^{\frac{1}{2}}]} \right]$
Caldeira	$R = \frac{T_{H,in} - T_{H,out}}{T_{C,out} - T_{C,in}} \text{ e } P = \frac{T_{C,out} - T_{C,in}}{T_{H,in} - T_{C,in}}$ ΔT_{log_2} $= \frac{(T_{C,in} - T_{C,out}) - (T_{H,out} - T_{C,in})}{\ln \left[\frac{T_{H,in} - T_{H,out}}{T_{H,out} - T_{C,in}} \right]}$ $\Delta T_{log_1} = F \cdot \Delta T_{log_2}$ $\frac{Q}{t} = u \cdot A \cdot \Delta T_{log_1}$	Tanque de Fermentação	$V_R = \frac{N_{iOM}}{\theta} \int_0^{X_i} \frac{dx}{k \cdot C_{MO} \cdot (1 - X_i)}$
		Tanque de Maturação	$V = \frac{m}{\rho}$ $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$

(Fonte: os Autores).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise do potencial econômico decidiu-se que a cerveja a ser produzida seria uma *Weissbier*, produzida a partir dos maltes de trigo, malte pilsener e malte carahell, que apresenta características organolépticas mais suaves o que facilitaria a aceitação no mercado consumidor. A produção seria realizada na cidade de Santo Ângelo, uma vez que na região ainda não há cervejaria registradas.

Para os valores de balanço de massa de cada equipamento, observou-se os seguintes resultados, dispostos no Quadro 2.

Quadro 2. Valores de entrada e saída por equipamento.

Tanque de Cozimento	Entrada	2790,5 kg de água 504,0 kg de malte	Tanque de Fermentação	Entrada	2656,5 kg de mosto 2,95 kg de levedura
	Saída	2664,5 kg de mosto 630,0 kg de bagaço		Saída	2573,0 kg de cerveja 14,7 kg de levedura 77,0 kg de perda
Caldeira	Entrada	2664,5 kg de mosto 3,9 kg de lúpulo	Tanque de Maturação	Entrada	2573,0 kg de cerveja
	Saída	2656,5 kg de mosto 7,97 kg de perda		Saída	2573,0 kg de cerveja
Trocador de Calor	Entrada	2656,5 kg de mosto	Filtro Prensa	Entrada	2573,0 kg de cerveja
	Saída	2656,5 kg de mosto		Saída	2500,0 kg de cerveja 35 kg de perda

(Fonte: os Autores).

Já para os balanços de energia do tanque de cozimento, do trocador de calor e da caldeira, os valores encontrados foram os apresentados no Quadro 3.

Quadro 3. Valores de entalpia por equipamento.

Tanque de Cozimento	Entrada (35°C)	$H_{1_{\text{água}}} = -4,4311 \times 10^7 \text{ kJ}$ $H_{1_{\text{malte}}} = 3,0624 \times 10^5 \text{ kJ}$	$\Delta H = 2,5149 \times 10^7 \text{ kJ}$
	Saída (72°C)	$H_{2_{\text{mosto}}} = -1,8856 \times 10^7 \text{ kJ}$	
Caldeira	Entrada (72°C)	$H_{1_{\text{mosto}}} = -1,5250 \times 10^7 \text{ kJ}$	$\Delta H = 4,7724 \times 10^4 \text{ kJ}$
	Saída (80°C)	$H_{2_{\text{mosto}}} = -1,5202 \times 10^7 \text{ kJ}$	
Trocador de Calor	Entrada (80°C)	$H_{1_{\text{mosto}}} = -1,5202 \times 10^7 \text{ kJ}$	$\Delta H = -100 \text{ kJ}$
	Saída (15°C)	$H_{2_{\text{mosto}}} = -1,5203 \times 10^7 \text{ kJ}$	

(Fonte: os Autores).

Por fim, com os valores dos balanços de massa e de energia dimensionou-se os equipamentos que a serem utilizados na indústria cervejeira, apresentados no Quadro 4.

Quadro 4. Dimensionamento dos equipamentos.

Tanque de Cozimento	$V = 3,144 \text{ m}^3$
Caldeira	$A = 1,992 \text{ m}^2$
Trocador de Calor	$A = 0,0151 \text{ m}^2$
Tanque de Fermentação	$V = 4,134 \text{ m}^3$
Tanque de Maturação	$A = 1,938 \text{ m}^2$

(Fonte: os Autores).

4 CONCLUSÃO

Por meio deste projeto foi possível realizar uma análise do mercado cervejeiro no cenário nacional e regional e, a partir deste, fazer um levantamento do potencial de instalação de uma cervejaria levando em consideração qual produto tem maior aceitação pelos consumidores e geraria maiores lucros. Com isto, optou-se pela instalação de uma cervejaria para produção de cerveja do tipo *Weissbier*, uma vez que o produto tem propriedades de palato mais suave, com uma produção mensal de 10000 litros da bebida. Também pode-se fazer cálculos de balanço de massa podendo encontrar a quantidade de matéria-prima necessária para a produção, bem como cálculos de balanço de energia e de dimensionamento de equipamentos, encontrando o tamanho necessário para cada um dos equipamentos a serem comprados conforme a demanda de produção, como o tanque de cozimento com volume de 3,144 m³ e o tanque de fermentação com volume de 4,134 m³.

REFERÊNCIAS

BJCP. **Beer Style Guidelines**. 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2pCHSgg>>. Acesso em: 08 out. 2018.

MORADO, R. **Larousse da Cerveja**. São Paulo: Larousse, 2009.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. A Química da Cerveja. **Química nova na escola**. São Paulo, v. 37, n. 2, p. 98-105, maio 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2Ry07CQ>>. Acesso em: 01 out. 2018.



PAIVA, G. M. de. **Estudo do processamento e mercado de cervejas especiais no Brasil**. 2011. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Tecnologia de Alimentos), Centro Educacional da Fundação Salvador Arena - Faculdade de Tecnologia Termomecânica, São Bernardo do Campo, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/2y9OGJr>>. Acesso em: 08 out. 2018.



PROJETO INDUSTRIAL DE UMA CACHAÇARIA

Cacieli da Costa^{1*}, Jéssica Macuglia Kumm¹, Wagner Frizon¹, 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

*caci-eli@hotmail.com

Área do Trabalho: Processos Industriais.

RESUMO

A cachaça ganhou força no segmento comercial e se tornou a segunda bebida alcoólica mais consumida no Brasil. Sendo uma bebida com grande potencial econômico, a produção de cachaça, com processos produtivos aperfeiçoados é uma maneira de investir em um negócio com muitas chances de crescimento. Sendo assim, é interessante realizar uma proposta de projeto industrial para a fabricação de cachaça, visando a produção de maneira mais rentável e com maior valor agregado. Para isso, primeiramente foi realizado uma pesquisa de mercado com as possíveis matérias primas, que com as diversas operações unitárias deste processo, são transformadas em etanol, neste caso foi optado pela utilização de cana-de-açúcar. Após foi levantado todas as etapas deste processo: moagem, fermentação, destilação e envelhecimento e realizados os balanços de massa, considerando uma capacidade de 32 litros de cachaça por dia produção. Feito isso, foi realizado os balanços entálpicos afim de obter a dimensão dos equipamentos utilizados nesta cadeia produtiva.

Palavras-chave: *projeto industrial, cachaçaria, cana-de-açúcar, cachaça.*

1 INTRODUÇÃO

A indústria de bebidas alcoólicas tem importância significativa em diferentes países. Essa envolve diversos ramos comerciais, além do mercado altamente competitivo, com grande concorrência, que vêm se intensificando cada vez mais, tendo como principais direcionadores o preço e a diferenciação de produtos (TECHNAVIO, 2017).

No Brasil, a bebida alcoólica mais consumida é a cerveja, seguida da cachaça. Em relação à cachaça, o Brasil é o primeiro produtor mundial, ocorrendo em todas as regiões do país (ACSERALD *et al.*, 2012). Em 2014 a mesma foi responsável por 3% do valor deste tipo de produção (IBGE, 2017).

De modo geral, a cachaça é obtida através da destilação do mosto fermentado da cana-de-açúcar sem a adição de açúcar, corantes ou quaisquer outras substâncias químicas, entretanto outras matérias-primas vêm surgindo como fonte de etanol para essa bebida (SORATTO *et al.*, 2007).

Segundo Verdi, 2006, o processo produtivo pode ser classificado de duas formas: o industrial e a produção em alambiques. Industrialmente a cachaça é produzida em larga escala, permitindo considerável redução nos seus custos, com fluxo contínuo, em grandes colunas de destilação e, na maior parte das vezes, abrangendo análises laboratoriais, juntamente com controle de qualidade, é efetuada por empresas de grande e médio porte. Já a produção em alambique é de caráter mais



artesanal e, geralmente, operada por pequenos produtores, de base familiar, com recursos mais modestos.

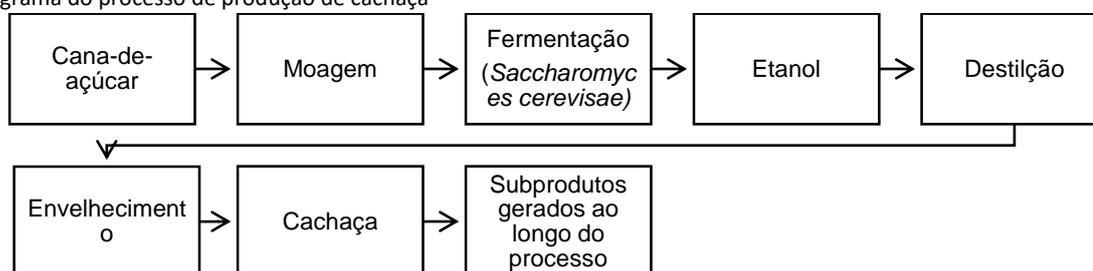
À vista do grande consumo da cachaça no Brasil, e a tendência ao aumento deste produto no mercado nacional e internacional, aliado a grande disponibilidade da cana-de-açúcar no país, matéria prima selecionada para a produção desta bebida, é interessante realizar o projeto desta indústria, que também gera resíduos mais sustentáveis para o meio ambiente, os quais podem inclusive ser reaproveitados como subprodutos e, conseqüentemente proporcionando uma maior renda. Além de obter um levantamento minucioso de todos setores envolvidos para a introdução desta no comércio. Deste modo, esse trabalho tem como objetivo projetar uma indústria de cachaça e verificar sua viabilidade.

2 MATERIAL E MÉTODO

Primeiramente fez-se uma minuciosa pesquisa sobre o mercado da cachaça e as possíveis matérias primas, que pudessem com as diversas operações unitárias do processo serem transformadas em etanol. Consideraram-se duas possibilidades como rotas de produção: a comumente utilizada cana-de-açúcar e o milho. Para essa escolha, foi realizado um levantamento de dados, entre eles a relação de custo-benefício das matérias-primas utilizadas no processo. Apesar do milho ter uma cachaça com maior valor agregado ao litro, nessa comparação é possível visualizar que a produção de cachaça é largamente mais viável com a cana-de-açúcar, visando os custos do processo, devido fatores como o tempo de fermentação que para a cana é entre 7 e 11 horas e para o milho está entre 40 a 70 horas, juntamente com o valor da tonelada custando em média 67,60 reais para tonelada de cana-de-açúcar e 40.320 reais para o milho.

A Figura 1, mostra o processo da produção de cachaça, desde a matéria prima, passando pela moagem, fermentação com a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, um organismo eucariota unicelular que pertence ao reino dos fungos, formando o etanol que será logo então transferido para um destilador onde será feita a destilação, e em seqüência o etanol destilado é colocado nos barris de carvalho para o envelhecimento, após o tempo prévio de maturação é obtido o produto final esperado, a cachaça.

Figura 1. Fluxograma do processo de produção de cachaça



Fonte: Os Autores.

Posteriormente, foram realizados os balanços entálpicos do processo de produção, utilizando a entalpia dos compostos do processo e, realizou-se o dimensionamento dos equipamentos, com o auxílio das equações dispostas na Tabela 1. Os cálculos do dimensionamento dos equipamentos foram baseados na literatura de Peter, Timmerhaus e West (2004).

Tabela 1. Equações utilizadas

Equipamento	Equações	Equipamento	Equações
Trocador de calor	$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \log 1$	Balanço entálpico	$Q = H = m \cdot (H_{form} + \int_{298}^{T_i} C_p dT)$
Fermentador	$\frac{V_R}{F_{io}} = \frac{x_{ie}}{-r_i}$	Destilador	$N_{min} = \ln \left[\frac{\left(\frac{x_i}{x_p}\right)_T \cdot \left(\frac{x_f}{x_i}\right)_F}{\ln \left[\frac{\alpha_i}{p}\right]} \right]$
	$-r_i = K \cdot C_a \cdot C_b$		$R_{min} + 1 = \sum \frac{\alpha_i \cdot x_T}{\alpha_i \cdot H}$
	$K = k_0 \cdot \exp \frac{-E_a}{R \cdot T}$		$R = 1,2 \cdot R_{min}$
	$V_R = \frac{N_0}{\theta} \int_0^{x_e} \frac{dx_i}{x_i}$		$\frac{N - N_{min}}{N + 1} = 0,75 \left[1 - \left(\frac{R - R_{min}}{R + 1} \right)^{0,566} \right]$

Fonte: Os Autores.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

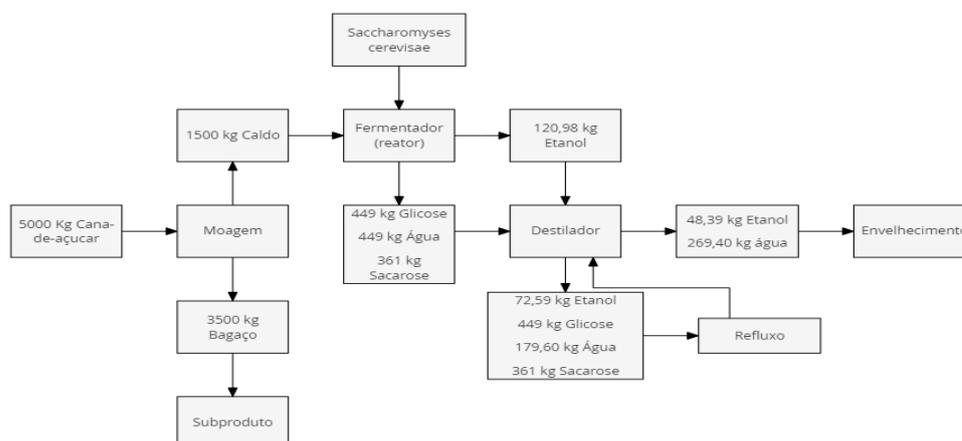
3.1 Balanço de Massa

O processo ocorrerá de modo batelada, possuindo uma corrente de alimentação diária, de 5 toneladas de cana-de-açúcar, obtendo uma produção de 32 litros de cachaça. Para o balanço de massa da moagem, considera-se que a mesma quantidade que entra no equipamento, sai. Sendo que 30% do produto obtido na moagem, corresponde ao caldo da cana-de-açúcar e o restante ao bagaço (subproduto). Deste modo, 1.500 kg equivalem ao caldo e 3.500 kg ao bagaço.

Em seguida, o caldo é encaminhado ao reator, onde ocorre a fermentação. Considerando-se que a levedura converte o caldo em etanol em até 15% do volume total da alimentação e, que a massa específica do caldo de cana-de-açúcar corresponde 1.468 kg/m³, obtém-se um volume de 153 litros de caldo que estão disponíveis para conversão, equivalentes a uma massa de etanol de 120,98 kg ($\rho_{\text{etanol}} = 789,32 \text{ kg/m}^3$).

Por fim, 120,98 kg de etanol, 449 kg de glicose, 449 kg de água e 361 kg de sacarose são alimentados no destilador. Na corrente de topo serão coletados 40% de etanol e 60% de água, correspondente a 48,39 kg e 269,4 kg, respectivamente. E na corrente residual, serão coletados 72 kg de etanol, 179,60 kg de água, 449 kg de glicose e 361 kg de sacarose. A Figura 2 representa o fluxograma do processo de produção de cachaça com os seus respectivos balanços de massa.

Figura 2. Fluxograma do processo de fabricação de cachaça com o balanço de massa.



Fonte: Os Autores.



3.2 Balanço Entálpico

O balanço entálpico foi calculado para cada componente presente na torre de destilação, sendo esses na entrada e na saída, tanto no topo quanto no fundo da mesma, a entalpia de cada componente está disposta na Tabela 2. Ao final do balanço a variação da entalpia foi equivalente à 11,83 (GJ mol⁻¹ K⁻¹).

Tabela 2. Entalpia dos componentes.

Componente saída	Entalpia (GJ mol ⁻¹ K ⁻¹)	Componente saída	Entalpia (GJ mol ⁻¹ K ⁻¹)	Componente entrada	Entalpia (GJ mol ⁻¹ K ⁻¹)
Água líquida	-2,83	Etanol líquido	-1,26	Etanol líquido	-1,29
Glicose	-12,71	Sacarose	-5,92	Água líquida	-7,13
Água gasosa	-3,51	Etanol gasoso	-0,39	Sacarose	-5,94
				Glicose	-0,43

Fonte: Os Autores.

3.3 Dimensionamento dos Equipamentos

O dimensionamento dos equipamentos foi realizado a partir das equações previstas na Tabela 1, e dos dados anteriormente determinados, com isso obteve-se para o fermentador um volume correspondente a 0,48 m³. Esse valor é aparentemente baixo, porém ao convertê-lo para a unidade litros vê-se que está de acordo com a produção, sendo esse correspondente a 480 L. A torre de destilação projetada deve ter uma área correspondente a 24,47 m², com um diâmetro equivalente a 5,58 m e o número de pratos da mesma são 27. Por fim, dimensionou-se o trocador de calor que opera no condensador de saída da torre, tendo uma área correspondente a 30,86 m².

4 CONCLUSÃO

Para o dimensionamento dos equipamentos foi necessário a realização dos balanços de massa e energia do processo, para deste modo averiguar os volumes e áreas dos mesmos. Sendo assim, o fermentador utilizado por esta indústria deve ter um volume igual a 0,48 m³, a torre de destilação deve ter uma área correspondente a 24,47 m², com um diâmetro equivalente a 5,58 m e o número de pratos da mesma são 27 e o trocador de calor 30,86 m². Com esses valores será possível analisar os custos da planta e, conseqüentemente a viabilidade do projeto.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, G. A. **Educação para a autonomia: construindo um discurso democrático sobre as drogas**. Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz, 2005, pp. 183-212.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA –IBGE. **Pesquisa industrial anual – PIA Produto**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=22&i=P&c=5806>. Acesso em: 26 set. 2018.

SORATTO, N. A.; VARVAKIS, G.; HORII, J. **A certificação agregando valor a cachaça do Brasil**. *Revista científica da américa latina, caribe, Espanha e Portugal*, p. 681 – 687, 2007.

TECHNAVIO. **Global Alcoholic Drinks Market**. 2016-2020. Disponível em: <http://www.technavio.com/report/global-alcoholic-beverages-alcoholic-drinks-market>. Acesso em: 26 set. 2018



PETERS, M. S.; TIMMERHAUS, K. D.; WEST, R. E. **Plant design and economics for chemical engineers**, 5 ed. Singapore: McGraw-Hill, 2004.

VERDI, R. A. Dinâmicas e perspectivas do mercado da cachaça. **Revista informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 2, 2006.



PROJETO INDUSTRIAL: FÁBRICA DE PAPEL

Bianca M. Marques^{1,*}, Nadine A. Löeblein¹, Taynan J. Bender¹, Enrique C. Peres¹

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

*biancamaciemarkes@hotmail.com

Área do Trabalho: Modelagem, Simulação, Controle e Instrumentação de Processos.

RESUMO

As indústrias de celulose e papel contribuem ativamente na economia do Brasil. Nesse contexto, o trabalho visa a elaboração de um projeto em escala industrial do processo de branqueamento da celulose para posterior fabricação de papel. Determinou-se a rota mais viável economicamente para a realização do branqueamento, a qual utiliza dióxido de cloro, obtendo um valor médio de lucro para o produto de venda de R\$ 7.611,00/ton. Para o dimensionamento dos equipamentos realizou-se balanços de massa e energia. Utilizou-se CMPC - Celulose Riograndense LTDA como referência para o volume de produção anual.

Palavras-chave: *projeto, indústria, produção de papel.*

1 INTRODUÇÃO

Por definição, o papel pode ser considerado como sendo uma folha seca obtida de uma suspensão de fibras vegetais, as quais foram desintegradas, refinadas e depuradas; com ou sem aditivos para definir as características finais de utilização do produto (KLOCK; ANDRADE; HERNANDEZ, 2013). Atualmente, são produzidos no Brasil desde o papel cartão, papéis de imprimir e escrever, de imprensa, papéis para fins sanitários, como toalhas e papéis higiênicos, até papéis especiais, como papel-moeda, filtros de café, autoadesivos, papéis metalizados, dentre outros. As indústrias de celulose e papel no Brasil, além de gerarem empregos e riquezas, contribuem para a expansão de florestas plantadas, visto que toda a celulose produzida é oriunda de matéria-prima renovável (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

A celulose, provenientes do bagaço de malte apresenta grande potencial para produção de papel, com boas qualidades físico-química e econômicas, pelo fato de não precisar de pré-processamento, pré-tratamento e, podendo ser introduzida direto ao processo para produção de papel. A massa que dá origem ao papel, é composta pelas fibras (celulose) e aditivos. (REAL, 2005).

Deste modo, o presente trabalho visa a elaboração de um projeto em escala industrial, definindo os melhores processos para a obtenção do produto final, no caso o papel. Além de realizar o dimensionamento dos equipamentos da fábrica de papel.

2 MATERIAL E MÉTODO

Comparou-se os gastos de diferentes reagentes em relação ao rendimento do processo de branqueamento da celulose e assim, determinar qual a rota mais barata. O balanço de massa foi determinado através de pesquisas feitas em livros e sites, com unidade de Kg/h. A indústria CMPC - Celulose Riograndense LTDA, foi usada como parâmetro para início dos cálculos, usando a ideia

de entrada igual a saída. Calculou-se a massa necessária para a entrada na máquina de papel, em seguida, do misturador, do desagregador e por final do reator.

A fim de determinar o dimensionamento, somente com equipamentos que apresentam troca térmica, necessitou-se realizar o cálculo do balanço energético descrito na Equação 1, já reduzida.

$$\Delta H = Q$$

Equação 1

As equações utilizadas para o dimensionamento de cada equipamento encontram-se na Quadro 1, dados retirados do livro de Peters *et.al.* (1968).

Quadro 1. Equações utilizadas no dimensionamento dos equipamentos.

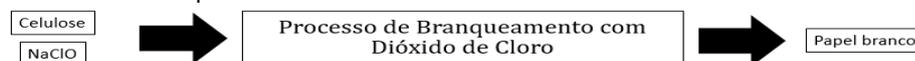
Reator	Desagregador	Misturador	Máquina de Papel
$K = K_o \times e^{\frac{E_a}{RT}}$ $(-r_i) = K \times C_a \times C_b$ $V = \frac{F \times X}{(-r_i)}$	$V = F \times \tau$	$V = F \times \tau$	$q_s = U \times A \times \Delta T_{log}$ $U = 60 \times G^{0,67}$ $G = \frac{4 \times m_g}{\pi \times D^2 \times (1 - z)}$ $D = \sqrt{\frac{4 \times A_s}{\pi}}$ $A_s = \frac{m_s}{\rho_s \times v_s}$ $\Delta T_{log} = \frac{(T_{RE} - T_{PS})^z - (T_{RS} - T_{PE})}{\ln \left[\frac{(T_{RE} - T_{PS})}{(T_{RS} - T_{PE})} \right]}$

(Fonte: os Autores)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a definição do melhor processo para a fabricação de papel, escolheram-se três rotas de branqueamento possíveis de serem aplicadas para a matéria-prima celulose. Assim tem-se abaixo os diagramas de 1 a 3, de processo (Input/Output), demonstrando os reagentes utilizados a fim de produzir papel.

Diagrama 1. Processo de branqueamento com Dióxido de Cloro.



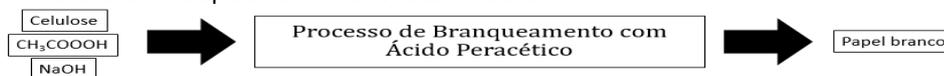
(Fonte: os autores).

Diagrama 2. Processo de branqueamento com Peróxido de Hidrogênio.



(Fonte: os autores).

Diagrama 3. Processo de branqueamento com Ácido Peracético.



(Fonte: os autores).



Para verificar o processo mais lucrativo, plotou-se a Tabela 1. A tabela demonstra os processos de branqueamento relacionados aos seus respectivos gastos. Por meio das análises anteriores tem-se o comparativo do gasto e produto final de cada processo, possibilitando a visualização do lucro, facilitando assim a escolha do processo.

Tabela 1. Lucro dos processos.

Processo	Gasto (R\$/ton)	Produto comercializado (R\$/ton)	Lucro (R\$/ton)
Dióxido de cloro	3.449,00	11.060,00	7.611,00
Peróxido de hidrogênio	3.527,02	11.060,00	7.532,98
Ácido Peracético	3.862,60	11.060,00	7.177,40

(Fonte: os autores).

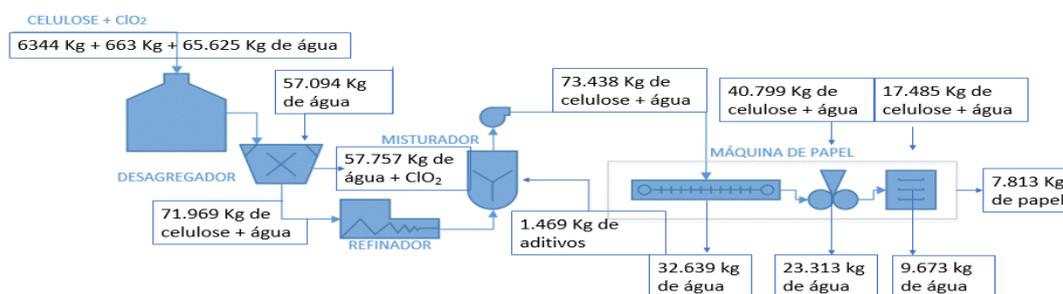
Buscando-se então a composição dos processos em estudo, visualiza-se o de menor custo, sendo o processo de dióxido de cloro, que utiliza a mesma composição do processo de maior custo, porém com o reagente de menor custo. Apresentando o valor mais significativo de retorno R\$ 7.611,00, conforme Tabela 1.

3.1 Balanço de massa

O projeto é baseado na produção de 60.000 ton/ano (CMPC - Celulose Riograndense LTDA), sendo que o ano produtivo é composto por 320 dias. Assim, obtém-se uma produção de 0,087 m³/min. Tendo em vista que o volume da folha A4 é de 4,8.10⁻⁶ m³, tem-se uma produção diária de 18.130 folhas/min, conforme serão vendidos pacotes de 500 folhas, se obtém uma produção diária de 52.214 pacotes. Por meio da massa de cada pacote, 3,525 Kg realizou-se o comparativo de produção anual com a empresa CMPC - Celulose Riograndense LTDA, obtendo-se uma produção de 58.897 ton/ano. Sendo produzidos 254 m de papel/min, totalizando 365.497 m/dia. Utilizam-se bobinas de 4,5 m de largura, considerando a fabricação de 30 bobinas/dia, cada qual com 12.183 m.

Assim realiza-se a plotagem do fluxograma de processo para branqueamento da celulose e posterior uso para formação de papel, conforme fluxograma 1.

Fluxograma 1. Branqueamento de celulose e produção de papel.



Fonte: os autores.

Para a entrada no reator foram adicionados a celulose, dióxido de cloro e água. A água que entra no desagregador é utilizada para lavagem, ocorrendo a eliminação do dióxido de cloro. No refinador não ocorre perda de massa o processo fornece apenas o aumento da área superficial da fibra. No misturador, segundo Galdiano (2006), adicionam-se mais 2% de aditivos. No processo da máquina de papel ocorre a eliminação de água adicionada no reator, após na prensagem e secagem. A formação de papel ocorre pela massa de celulose e aditivos adicionados.



3.2 Balanço energético

Os resultados obtidos para a máquina de papel estão dispostos na Tabela 2, na qual considerou-se as etapas de formação, prensagem e secagem, pois ambas possuem variações de temperatura no decorrer do processo. Para o reator do mesmo modo.

Tabela 2. Balanço energético da máquina de papel.

Etapas	Entalpia (MJ.h ⁻¹)
Formação	2862
Prensagem	8240
Secagem	14234
Reator	19.808

Fonte: os autores.

3.3 Dimensionamento dos equipamentos

Os resultados obtidos no item anterior foram utilizados para realizar o dimensionamento dos equipamentos, conforme descrito na Tabela 3. Para o dimensionamento da máquina de papel, utiliza-se a área de troca térmica, sendo esta de 82,83 m².

Tabela 3. Balanço energético da máquina de papel.

Equipamento	Volume (m ³)
Reator	3,81
Desagregador	42,08
Misturador	23,73

4 CONCLUSÃO

Para o processo de fabricação de papel são muitas as etapas envolvidas para o desenvolvimento da indústria. Dentre elas a escolha da rota de branqueamento para a celulose, a qual foi definida pela relação de custos, sendo neste o processo que utiliza dióxido de cloro o escolhido, por apresentar retorno de 7.611,00 R\$/ton. Verificou-se também as composições de cada etapa do processo por meio de balanço mássico, após pode-se determinar o volume de cada equipamento para posterior avaliação de gastos com a compra destes.

REFERÊNCIAS

GALDIANO, Guilherme de Paula. **Inventário do ciclo de vida do papel offset produzido no Brasil**. São Paulo, 2006. 303 p.

KLOCK, Umberto; ANDRADE, A. S.; HERNANDES, J. A. Polpa e papel. **FUPEF. Série Didática**, n. 4/98, 2013.

REAL, P. **De papel e celulose**. 2005.



TEIXEIRA, et al. O Papel: Uma Breve Revisão Histórica, Descrição da Tecnologia Industrial de Produção e Experimentos para Obtenção de Folhas Artesanais. **Revista virtual de química**, Brasília, v. 9, n. 3, mai./jun. 2017.



PROTÓTIPO DE UM SILO SECADOR PARA GRÃOS DE MILHO

Glauber Júnior dos Santos^{1*}, Amanda Calegaro Zanuso¹, Caroline Engelmann¹, Milena Santiago Chiquim¹, Isaac dos Santos Nunes¹

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

*glaubers79@gmail.com

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

O armazenamento de grãos é essencial para melhorar a vida útil das sementes. Para pequenos produtores agrícolas esse armazenamento muitas vezes é feito por silos em grandes empresas que demandam pagamento, tornando o custo benefício do armazenamento desfavorável para o lucro do agricultor. A ideia de ter um silo armazenador na própria propriedade rural surge com o objetivo de minimizar os custos de estocagem e as perdas qualitativas e quantitativas do processo. O protótipo do silo secador foi construído com placas de alumínio em formato cilíndrico e um fundo falso. Esse cilindro foi unido a um ventilador do tipo axial para que houvesse a secagem dos grãos bem como um misturador para uniformidade do processo.

Palavras-chave: *secagem, silo, protótipo.*

1 INTRODUÇÃO

A produção de milho é uma das principais atividades econômicas da região sul do Brasil. Segundo o Conab (2019) a estimativa para a produção total de grãos para a safra 2018/19 é de 233,3 milhões de toneladas. O crescimento deverá ser de 2,5% ou 5,6 milhões de toneladas acima da safra anterior. Só para o milho, estima-se uma produção de 26,2 milhões de toneladas, com destaque para a Região Sul do país, com cerca de 44% desse total.

Com o aumento constante da produção, surge a necessidade da modernização e expansão das unidades de armazenamento (WEBER, 2001). O produtor sem capacidade de armazenamento é obrigado a negociar sua safra no momento da colheita, período em que historicamente observam-se os menores preços; ou entregar o produto na condição de fixar o preço de acordo com sua cotação. Mas nesta condição o produto já não existe fisicamente, gerando incertezas e inseguranças na operação (SHAFER, 2006).

Para D'Arce (2008), acredita-se que uma unidade armazenadora localizada na propriedade rural, constitui uma das soluções para tornar o sistema produtivo mais econômico. Além de propiciar a comercialização da produção em melhores períodos, evitando as pressões naturais do mercado na época da colheita, a retenção do produto na propriedade, quando bem conduzida, apresenta inúmeras vantagens.

Dentre as principais vantagens, pode-se destacar a minimização das perdas qualitativas e quantitativas que ocorrem no campo, economia do transporte, maior rendimento na colheita e melhor qualidade do produto, pois evita o processamento inadequado devido ao grande volume a ser

processado por período da safra, por exemplo a secagem à qual o produto é submetido, nas unidades coletoras ou intermediárias.

O armazenamento de sólidos, como é o caso dos grãos, pode ser realizado em pilhas ou em silos. O armazenamento em silos é indicado para quantidades menores de material a ser armazenado ou ainda quando o material pode sofrer deterioração com a umidade, como ocorre com os grãos e o cimento, por exemplo (MATOS, 2015).

A maioria dos produtos agrícolas é colhida com teores de umidade superiores ao recomendado para uma armazenagem segura. A etapa de secagem tem como objetivo possibilitar a antecipação da colheita, a fim de minimizar os efeitos prejudiciais das condições climáticas adversas, danos mecânicos e ataque de fungos e insetos, maximizando o peso e a qualidade dos grãos colhidos (GARCIA *et al.*, 2004).

Desse modo, o trabalho propõe a construção de um silo secador construído com materiais de baixo custo, o que torna possível sua construção dentro da propriedade rural.

2 MATERIAL E MÉTODO

Para a construção do protótipo utilizou-se placas de alumínio contornadas na forma de um cilindro para o corpo do silo e em formato cônico para a tampa do mesmo. Cabe destacar que, em um projeto real o silo é construído de alvenaria, entretanto, para a construção do protótipo, utilizou-se o alumínio por ser um material mais acessível. O silo foi construído com fundo reto e conta com um fundo falso para a passagem do ar. O fundo falso é constituído por uma tela com malha pequena para que a semente não desça. O ar entra pela parte inferior e sobe pela camada de grãos. Vinculou-se, para a secagem a frio com ventilação forçada, um ventilador do tipo axial. O silo foi projetado com um diâmetro de 16 cm e 9,5 cm de altura, medido a partir do fundo falso.

Para avaliação do funcionamento do protótipo, pesaram-se 100 g de milho que foram inseridos pela parte superior do silo. Após, deixou-se secar durante 8 horas e pesou-se a nova massa obtida.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra o protótipo construído. Percebe-se que, para o funcionamento do motor o qual move o ventilador vinculado, foi inserida uma chave que permite o seu ligamento e desligamento conectada a uma fonte de alimentação que permite a regulagem da voltagem.

Figura 1. Protótipo.



Fonte: Os autores.



Para poder operar com maior eficiência e menor gasto energético, o silo foi projetado com o diâmetro maior do que sua altura. Isso porque quanto maior a altura, maior seria a demanda energética e maior o tempo para realizar a secagem. Dessa forma, o processo foi otimizado, tendo o diâmetro maior do que a altura.

Os grãos foram colocados na parte de cima do silo. Em silos de tamanho real o abastecimento dos grãos é feito com o auxílio de um elevador ou um caracol. Após o término do processo, mesmo que seja parcial, é importante que os grãos permaneçam em um nível plano, para que a pressão estática seja idêntica em todas as partes e o ar saia com fluxo equivalente em todos os locais (AGROPECUÁRIA CATARINENSE, 2019).

Como o silo foi projetado para operar com secagem a frio, o tempo de secagem é maior que de um secador tradicional. Considerando curto o tempo de secagem com o qual o silo foi operado (8 horas), não houve um significativo percentual de diminuição da massa.

Segundo a Revista Agropecuária Catarinense (p. 20, v. 32, n.1, 2019), em situações reais, os silos são projetados para que ocorra a secagem em 15 dias, sem comprometer a qualidade do milho. No Rio Grande do Sul, existem empresas dão maior valor econômico para a semente desse sistema de secagem a frio, pois preserva a qualidade e as propriedades do grão.

Como sugestão para protótipos subsequentes, a implantação de energia fotovoltaica para o funcionamento do motor do secador garantiria melhores resultados econômicos para o agricultor já que a energia elétrica consumida durante o processo seria gerada no próprio armazenador. Outra sugestão seria acoplar um mecanismo de mistura no interior da unidade armazenadora com o intuito de se obter uma secagem mais uniforme dos grãos, diminuindo o tempo do processo e, conseqüentemente, consumindo menos energia.

4 CONCLUSÃO

Analisando o protótipo, pôde-se perceber que este é viável para pequenos agricultores, uma vez que, utiliza de materiais de baixo custo. Apesar de não ser possível definir a eficiência do projeto, cabe destacar que durante o tempo em que os grãos ficaram armazenados, não houve alteração na qualidade. Para futuros trabalhos, pode-se sugerir que o motor seja movido a energia fotovoltaica, tornando o projeto mais sustentável, e ainda, vincular um mecanismo de mistura, o que diminuiria o tempo de secagem e a tornaria mais uniforme.

REFERÊNCIAS

AGROPECUÁRIA CATARINENSE. **Silo secador traz praticidade e qualidade para produtor de grãos**. Florianópolis, v. 32, n. 1, jan./abr. 2019. Disponível em: <http://publicacoes.epagri.sc.gov.br/index.php/RAC/issue/viewIssue/12/76>. Acesso em: 16/4/19.

CONAB - **Acompanhamento da safra brasileira de grãos** - v. 6 - Safra 2018/19, n.6 - Sexto levantamento, março 2019.

D'ARCE, M. A. B. **Pós Colheita e Armazenamento de Grãos**. Departamento. Agroindústria, Alimentos e Nutrição ESALQ/USP, 2008.

GARCIA, D. C. *et al.* **A secagem de sementes**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, n. 2, Abril 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782004000200045&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 10/4/19.



MATOS, S. P. **Operações unitárias: fundamentos, transformações e aplicações dos fenômenos físicos e químicos.** São Paulo: Érica, 2015.

SHAFFER, M. G. **Armazenagem de cereais na fazenda.** Guarapuava, 2006.

WEBER, E. **Armazenagem Agrícola.** 2 ed. Guaíba: Livraria e Ed. Agropecuária Ltda. p. 191-193, 2001.



REGRESSÃO DE DADOS PARA MODELOS DE ISOTERMA ACOPLADOS À TERMODINÂMICA DE ADSORÇÃO

Lorena F. Marins^{1,*}, Bruno M. Wenzel¹

¹Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Cerro Largo, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária
*lorenaf.marins@hotmail.com

Área do Trabalho: Fenômenos de Transporte, Operações Unitárias e aplicações.

RESUMO

O trabalho trata da regressão de dados de equilíbrio de adsorção usando modelos de isoterma acoplados aos conceitos termodinâmicos. Empregaram-se dados experimentais de equilíbrio correspondentes à adsorção de azul de metileno em carvão ativado elaborado com o biomaterial alternativo pinha de *Pinus taeda*. Foram utilizados os modelos de Langmuir, Freundlich, Brunauer-Emmett-Teller (BET), Khan, monocamada com 2 sítios ativos (Mono2SS) e multicamadas com 2 sítios ativos na superfície (MultiL2SS). Os dados experimentais foram ajustados por meio de método de regressão não-linear que levou em conta todos os conjuntos de dados (em diferentes temperaturas), sendo necessário que a(s) constante(s) de equilíbrio obedecessem os princípios termodinâmicos – equação de Van't Hoff. Assim, foram obtidos como parâmetros do modelo a variação de entalpia e de entropia para cada constante de equilíbrio da isoterma. A determinação do melhor modelo foi realizada com base no cálculo do critério de informação de Akaike corrigido. Para o sistema em análise foi obtido o modelo de Langmuir como o mais apropriado para descrição do equilíbrio de adsorção de azul de metileno em carvão ativado de pinha de *Pinus taeda*. O processo se mostrou espontâneo e favorável na faixa de temperatura investigada (25 a 45°C). No estado padrão o processo é endotérmico, sendo mais energeticamente favorável com o aumento da temperatura.

Palavras-chave: adsorção, termodinâmica, carvão ativado, azul de metileno, pinha.

1 INTRODUÇÃO

Após a revolução industrial, houve uma mudança acentuada nos hábitos da população, que passou a produzir e consumir em um ritmo acelerado, aumentando a demanda por recursos naturais e, conseqüentemente, a geração de resíduos e rejeitos industriais.

Nesse contexto, vale ressaltar o setor industrial têxtil que se destaca por ser um dos maiores consumidores industriais de água, utilizando grandes volumes, que não são incorporados ao produto final. Durante o processo são descartados grandes quantidades de efluentes contendo corantes, que podem atingir corpos hídricos e modificar seus ciclos biológicos e fenômenos fotossintéticos (Santos; Rocha, 2015 *apud* Hai, *et al.*, 2007).

A fim de atender as normas e legislações ambientais vários métodos vêm sendo estudados e utilizados para tratar diferentes tipos de efluentes e, entre essas tecnologias, destaca-se a adsorção por ser um processo eficaz, seletivo e economicamente viável. (Santos; Rocha 2015)

Segundo Nascimento *et al.* (2014), o processo da adsorção ocorre quando o adsorvente é exposto ao adsorvato, caracterizando-se como um processo físico e/ou químico. Entre os

adsorventes destaca-se o carvão ativado, podendo ser obtido de diferentes materiais carbonosos (Dawood *et al.*, 2017).

Neste trabalho foram utilizados dados experimentais de adsorção de azul de metileno em carvão ativado produzido a partir de pinha de *Pinus taeda* do trabalho de Lermen (2017). Os dados de equilíbrio em 3 diferentes temperaturas (25, 35 e 45°C) foram ajustados à 6 diferentes modelos de isoterma de adsorção, onde cada constante de equilíbrio foi acoplada à equação de Van't Hoff. A aplicação de método de regressão não-linear permitiu obter como parâmetros do modelo a variação de entalpia e de entropia para cada constante de equilíbrio presente na isoterma. O critério de informação de Akaike corrigido foi empregado para determinação do modelo mais adequado ao sistema.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Isotermas de adsorção e termodinâmica

A fim de descrever a capacidade adsorptiva do carvão ativado elaborado a partir da pinha de *pinus taeda* no equilíbrio, utilizaram-se 6 modelos de isotermas de adsorção. Dentre eles estão os modelos de Langmuir, Freundlich, BET e Khan, que são modelos comumente descritos na literatura e, além destes, utilizaram-se os modelos que supõe a presença de dois sítios ativos na superfície adsorvente, um em monocamada (MonoL2SS) e outro em multicamada (MultiL2SS) (Braun *et al.*, 2019). Tabela 1 detalha cada um deles e apresenta os parâmetros ajustáveis, onde q_e é a capacidade de adsorção no equilíbrio (mg g^{-1}) e C_e a concentração do adsorbato no equilíbrio (mg L^{-1}).

Tabela 1. Modelos de isoterma de adsorção e parâmetros.

Nome	Modelo de isoterma	Parâmetros	Equação
Langmuir (Langmuir, 1918; Scheufele <i>et al.</i> 2016)	$q_e = \frac{q_m K_S C_e}{1 + K_S C_e}$	q_m ; K_S (constantes de equilíbrio)	(1)
Freundlich	$q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}}$	n ; K_F (constantes de equilíbrio)	(2)
Khan (Khan <i>et al.</i> , 1997; Foo, e Hameed, 2010)	$q_e = \frac{q_m b_K C_e}{(1 + b_K C_e)^{a_K}}$	q_m ; a_K ; b_K (constantes de equilíbrio)	(3)
BET (Brunauer <i>et al.</i> , 1938; Scheufele <i>et al.</i> 2016)	$q_e = \frac{q_m K_S C_e}{(1 - K_L C_e)[1 + (K_S - K_L)C_e]}$	q_m ; constantes de equilíbrio: K_S , K_L	(4)
MonoL2SS – Monocamada de 2 sítios ativos (Koresh e Soffer, 1983; Braun <i>et al.</i> , 2019)	$q_e = \frac{r q_m C_e}{\frac{1}{K_{S1}} + C_e} + \frac{(1-r) q_m C_e}{\frac{1}{K_{S2}} + C_e}$	q_m , r ; constantes de equilíbrio: $K_{S,1}$, $K_{S,2}$	(5)
MultiL2SS – Multicamada de 2 sítios ativos na superfície (Braun <i>et al.</i> , 2019)	$q_e = \left(\frac{r}{\frac{1}{K_{S1}} + C_e} + \frac{1-r}{\frac{1}{K_{S2}} + C_e} \right) \left(\frac{q_m C_e}{1 - K_L C_e} \right)$	q_m , r ; constantes de equilíbrio: $K_{S,1}$, $K_{S,2}$, K_L	(6)

(Fonte: o Autor).

Cada constante de equilíbrio foi escrita em função da temperatura de adsorção através da equação de Van't Hoff, conforme as Equações (7) e (8) (Braun *et al.*, 2019). Onde: T é a temperatura absoluta (K); ΔG^0 é a energia livre de Gibbs no estado padrão (kJ mol^{-1}); ΔH^0 (kJ mol^{-1}) e ΔS^0 (kJ



$\text{mol}^{-1} \text{K}^{-1}$) são a entalpia e entropia de estado padrão do processo de adsorção; K é uma constante de equilíbrio genérica (L mg^{-1}); $MM = 319,85 \times 10^3 \text{ mg mol}^{-1}$ é a massa molar do azul de metileno; $R = 8,413 \times 10^{-3} \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ é a constante da lei dos gases ideais; $C^0 = 1 \text{ mol L}^{-1}$ é a concentração padrão da solução de referência (Liu, 2009); e $\gamma_e = 1$, onde 1 é o coeficiente de atividade em equilíbrio considerando carga fraca de adsorvente (Liu, 2009).

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - \Delta S^\circ T \quad \text{Equação 7}$$

$$K = \frac{\gamma_e}{MM C^0} e^{\left(-\frac{\Delta G^\circ}{RT}\right)} \quad \text{Equação 8}$$

Com base neste entendimento, torna-se possível ajustar mais de um conjunto de dados experimentais obtidos em diferentes temperaturas, obtendo como parâmetros um valor de ΔH° e de ΔS° para cada constante de equilíbrio presente no modelo.

2.2 Dados experimentais, ajuste e seleção de modelos

O ajuste e determinação dos parâmetros de cada modelo (da Tabela 1) foram obtidos utilizando-se o algoritmo de otimização *Trust-region-reflective* (Coleman e Li, 1996), de forma a minimizar a função objetivo dos mínimos quadrados. O algoritmo foi implementado no software Matlab R2015a.

De forma a se obter informações acerca da qualidade do ajuste de dados, o coeficiente de determinação (R^2) foi calculado. Para decisão acerca do melhor modelo, o valor do critério de informação de Akaike corrigido (AICc) foi obtido.

Os dados experimentais de equilíbrio (C_e vs. q_e) utilizados neste trabalho correspondem ao do sistema de adsorção de azul de metileno por carvão ativado produzido a partir de pinha de *Pinus taeda*, conduzidos em temperaturas de 25, 35 e 45°C (6 dados em cada).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seis modelos matemáticos foram avaliados visando selecionar o mais adequado para prever o equilíbrio da adsorção de azul de metileno em carvão ativado produzido a partir de pinha de *Pinus taeda*, conforme Tabela 2. A partir dos maiores valores de R^2 e, particularmente, o valor mais baixo de AICc, foi selecionado o modelo de Langmuir como o mais apropriado. Embora outros modelos tenham apresentado resultados semelhantes de R^2 , deve-se observar que estes modelos apresentam maior número de parâmetros que o modelo de Langmuir.

Tabela 2. Qualidade do ajuste dos conjuntos de dados experimentais a diferentes modelos de isoterma de adsorção acopladas com a equação de Van't Hoof.

Modelo	Número de parâmetros	Número de pontos experimentais	Coefficiente de determinação (R^2)	Parâmetro de Akaike corrigido (AICc)
Langmuir	5	18	0.9029	105.7
Freundlich	5	18	0.8162	108.1
BET	7	18	0.9054	118.1
Khan	8	18	0.9099	126.6
Monol2SS	10	18	0.9058	152.1
MultiL2SS	12	18	0.9189	203.1

(Fonte: o Autor).

A Figura 1 apresenta os resultados experimentais do equilíbrio de adsorção, bem como o modelo de isoterma de Langmuir ajustado neste trabalho. A Tabela 3 apresenta os valores dos parâmetros obtidos. Com base no emprego da Equação (7), é possível observar variações da energia livre de Gibbs padrão de -26,4 a -306,3 KJ mol⁻¹. Desta forma, o processo se mostra espontâneo e favorável na faixa de temperatura de 25 a 45°C. O valor positivo de ΔS° mostra que o aumento da temperatura conduz a um processo mais energeticamente favorável. A análise do valor de ΔH° mostra que no estado padrão, o processo de adsorção é endotérmico.

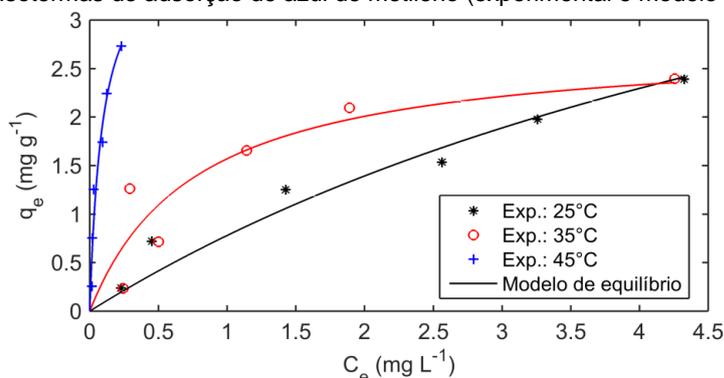
Tabela 3. Parâmetros do modelo de Langmuir obtidos no ajuste.

	q_m (mg g ⁻¹)	ΔH° (kJ mol ⁻¹)	ΔS° (kJ mol ⁻¹ K ⁻¹)	ΔG° (kJ mol ⁻¹)
25°C	6.518			-26.46
35°C	2.782	172.1	0.6663	-33.12
45°C	3.851			-39.78

(Fonte: o Autor).

A curva da isoterma aplicada para cada condição de temperatura pode ser conferida na Figura 1. O aumento da temperatura conduziu a uma maior capacidade de adsorção, aumentando também o valor da constante de equilíbrio. O aumento de K_s , por sua vez, levou a um efeito de maior capacidade máxima de adsorção na monocamada com a diminuição da temperatura, sugerindo a presença de forças repulsivas na superfície.

Figura 1. Isotermas de adsorção de azul de metileno (experimental e modelo de Langmuir).



(Fonte: o Autor).

4 CONCLUSÃO

A estratégia de ajuste de dados de equilíbrio usando modelos de isotermas acoplados à equação de Van't Hoff para descrever o efeito da temperatura sobre a constante de equilíbrio se mostrou interessante, uma vez que permite uma regressão simultânea para dados em diferentes temperaturas. O emprego desta estratégia para dados de adsorção de azul de metileno em carvão ativado produzido a partir de pinha de Pinus taeda mostrou o modelo de Langmuir como o mais adequado para representação dos dados (com base no uso do critério de informação de Akaike corrigido). O processo se mostrou espontâneo e favorável na faixa de temperatura investigada (25 a 45°C). No estado padrão o processo de adsorção é endotérmico, conduzindo a um processo mais energeticamente favorável com o aumento da temperatura.



REFERÊNCIAS

DAWOOD, S. et al. Synthesis and characterization of slow pyrolysis pine cone bio-char in the removal of organic and inorganic pollutants from aqueous solution by adsorption: Kinetic, equilibrium, mechanism and thermodynamic. **Bioresource Technology**, v. 246, p. 76-81, 2017.

NASCIMENTO, R. F. et al. Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais. Fortaleza: **Imprensa Universitária**, 2014. 255 p.

SANTOS, W. S.; ROCHA, R. D. C. Utilização de adsorventes naturais (pinha de Pinus taeda) no processo de remoção do corante laranja reativo. **Syn. scy**. UTFPR, Pato Branco, v. 10, n. 1, p. 123–130, 2015.

LANGMUIR, I. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. **J. Am. Chem. Soc.**, V. 40, pp. 1361-1403, 1918.

SCHEUFELE, F.B.; MÓDENES, A.N.; BORBA, C.E.; RIBEIRO, C.; ESPINOZA-QUIÑONES, F.R.; BERGAMASCO, R.; PEREIRA N.C. Monolayer–multilayer adsorption phenomenological model: kinetics, equilibrium and thermodynamics. **Chem. Eng. J.**, V.284, pp. 1328-1341, 2016.

KHAN, A.; ATAULLAH, R.; AL-HADDAD, A. Equilibrium adsorption studies of some aromatic pollutants from dilute aqueous solutions on activated carbon at different temperatures. **J. Colloid Interface Sci.**, V.194, pp. 154-165, 1997.

FOO, K.Y.; HAMEED, B.H. Insights into the modeling of adsorption isotherm systems. **Chem. Eng. J.**, v.156, pp. 2-10, 2010.

BRUNAUER, S.; EMMETT, P.H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. **J. Am. Chem. Soc.**, v.60, pp. 309-319, 1938.

KORESH, J.; SOFFER, A. Application of the two-site Langmuir isotherm to microporous adsorbents. **J. Colloid Interface Sci.**, v.92, pp. 517-524, 1983.

BRAUN, J.C.A.; BORBA, C.E.; GODINHO, M.; PERONDI, D.; SCHONTAG, J.M., WENZEL, B.M. Phosphorus adsorption in Fe-loaded activated carbon: Two-site monolayer equilibrium model and phenomenological kinetic description. **Chemical Engineering Journal**, v.361, pp. 751-763, 2019.

LIU, Y. Is the free energy change of adsorption correctly calculated? **J. Chem. Eng. Data**, v.54, pp. 1981-1985, 2009.



SENSOR ULTRASSÔNICO DE NÍVEL HC-SR04

Caroline Pereira^{1*}, Andressa Tainá Maboni¹, Cristiane Fernanda Lautharte¹, Fabiana Rosa Kinsel¹, 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

*carolinepereirar@gmail.com

Área do Trabalho: Modelagem, Simulação, Controle e Instrumentação de Processos.

RESUMO

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de software livre, usado para programar e interagir em tempo real. Com o objetivo de detectar objetos a uma certa distância utilizando o sensor ultrassônico de nível, plotou-se uma curva de calibração através da leitura do sensor de variação de altura entre a água e o sensor versus volume de água. Onde pode-se observar que o sensor apresentou uma boa calibração, com um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9657, próximo de 1. Sendo assim, concluiu-se que o sistema apresentou pequenas variações de leituras, e que o sensor ultrassônico de nível pode ser considerado de boa eficiência.

Palavras-chave: *Arduino, programação, sensor de nível.*

1 INTRODUÇÃO

No estudo da automação em sistemas como os industriais, comerciais, automobilísticos e domésticos, é preciso determinar as condições e variáveis do sistema. É necessário obter os valores das variáveis físicas do ambiente a ser monitorado, e este é o trabalho dos sensores. Os sensores servem para informar um circuito eletrônico a respeito de um evento que ocorra externamente, sobre o qual ele deve atuar ou a partir do qual ele deva comandar uma determinada ação (WENDELING, 2010).

O Arduino é classificado como uma plataforma de prototipagem eletrônica de software livre, usada para programar e interagir em tempo real, nela pode-se adicionar diversos tipos de componentes eletrônicos direcionados e programados para uma determinada atividade (SILVA, 2014).

O sensor ultrassônico é um tipo de sensor muito útil na detecção de objetos a certa distância. O princípio de funcionamento desse sensor consiste em um oscilador que emite ondas ultrassônicas (em torno de 42 kHz), que resultam em um comprimento de onda na ordem de alguns centímetros, o que permite detectar objetos relativamente pequenos (WENDELING, 2010).

As ondas refletidas pelo objeto são captadas pelo sensor, fornecendo assim um sinal que pode ser processado trazendo informações sobre o objeto no qual ocorreu a reflexão. O sensor também pode funcionar com o emissor e receptor em lugares separados, onde será detectada a presença de peças que bloquearem as ondas ultrassônicas, emitidas do emissor para o receptor (WENDELING, 2010).

O HC-SR04 é um dispositivo para medição ultrassônica bastante utilizado em equipamentos eletromecânicos. Nele, há um circuito de controle, um transmissor e um receptor ultrassônico. Ele fornece medidas de 20mm a 4000 mm, cuja precisão pode chegar a 3 mm (NAKATANI, 2014).

2 MATERIAL E MÉTODO

Utilizando um recipiente com água, colocou-se o sensor de nível acima deste e emitiu-se os sinais para medição. Para esse experimento foi necessário instalar uma placa de Arduino, responsável por receber os sinais emitidos pelo sensor e interpretá-los.

O sensor ultrassônico de nível utilizado foi o modelo HC – SR04 (Figura 1) é composto por três partes principais: o transmissor ultrassônico, que emite as ondas ultrassônicas que serão refletidas pelos obstáculos; um receptor que identifica o eco do sinal emitido pelo transmissor; e por um circuito de controle que controla o circuito transmissor/receptor, calcula o tempo entre a emissão e recepção do sinal.

Figura 1. Sensor de nível ligado a uma placa de Arduino.



Fonte: as autoras.

A distância é calculada pela Equação 1.

$$d = tv_s$$

Equação 1

Sendo d a distância entre o sensor e o receptor/obstáculo, t é o tempo no qual o sinal de output permanece em nível alto, ou seja, é o tempo de duração do sinal de saída, v_s é a velocidade de som, igual a 340 m/s.

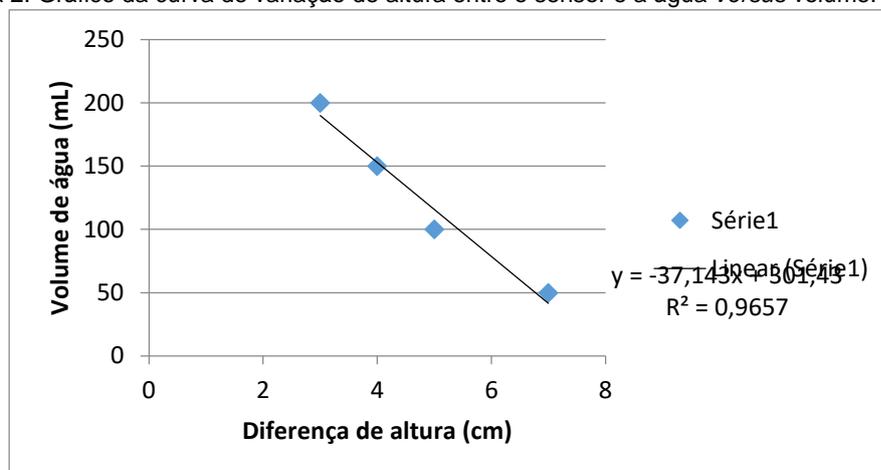
Com esses equipamentos foi possível medir o nível de água do recipiente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a montagem do sistema, testou-se o sensor de nível ultrassônico para efetuar a calibração do mesmo, sendo operado através de ondas ultrassônicas versus o tempo de impulso.

Primeiramente utilizou-se o volume inicial de 50mL de água, e assim, aumentando gradativamente o volume de água até atingir o nível máximo de 200mL. Os resultados podem ser observados no gráfico da Figura 2, o qual demonstra a variação de altura entre a água e o sensor na medida em que aumentou-se o volume de água.

Figura 2. Gráfico da curva de variação de altura entre o sensor e a água versus volume.



(Fonte: as autoras)

Pode-se observar que, conforme adicionou-se a água, a diferença de altura entre a superfície do fluido e o sensor foi diminuindo, gradativamente, pois quanto maior a quantidade de água adicionada, a superfície da mesma foi ficando mais próxima ao sensor.

Nos pontos de leitura de 3 a 5 cm, houve uma variação de nível constante. Logo, se observarmos a variação de nível entre os pontos 5 a 7 cm, há uma disparidade se comparado aos pontos 3 a 5. Do ponto 3 a 5, a cada 50 mL de água adicionado, o nível variava em 1 cm. Do ponto 5 ao 7, o nível teve uma variação de 2 cm.

Essa variação, possivelmente, se deve pelo sensor apresentar dificuldade em estimar o a diferença de altura quando a água está muito próxima ao sensor, essa distância afeta a sensibilidade e precisão do sensor. E conforme o nível de água aumenta consegue-se uma resposta mais precisa.

Nota-se também que através das leituras obtidas experimentalmente do sensor que ao plotarmos a curva de calibração obteve-se um coeficiente de determinação R^2 de 0,9657 o qual demonstra um bom ajuste de calibração do sensor, apresentando um valor próximo a 1.

4 CONCLUSÃO

O sensor ultrassônico de nível demonstrou a praticidade de um sensor conectado a uma placa de Arduino, bem como a possibilidade de reproduzir o controle de nível em laboratório, com uma resposta rápida a mudanças.

Nos resultados plotados no gráfico, observou-se pouca variação na faixa de medida utilizada, portanto, o sensor utilizado pode ser considerado de boa eficiência. Com um coeficiente de determinação igual a 0,9657, é possível afirmar que o modelo se ajustou bem aos dados experimentais utilizados.

NOMENCLATURA

D	Distância entre o sensor e o receptor	[cm]
V	Volume de água	[mL]
V_s	Velocidade de som	[m/s]



REFERÊNCIAS

SILVA, J. L. S.; Melo, M. C.; Camilo, R. S.; Galindo, A. L; e Viana, E. C. 2014. **Plataforma Arduino integrado ao PLX-DAQ**: Análise e aprimoramento de sensores com ênfase no LM35. XIV Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe (ERBASE). Feira de Santana, BA. 2014.

NAKATANI, Alessandro Massayuki; et al. **Medição com sensor ultrassônico HC-SR04**. Paraná: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014.

WENDLING, Marcelo. **Sensores**. 2.ed. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2010.



SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE PARTICULADO DE ÓXIDO DE NÍQUEL E ESTUDOS DA SUA INTERAÇÃO COM GLIFOSATO

Rafael José Ramos Guelfi^{1,*}, Kananda Silveira da Silva², Ildemar Mayer^{1,2}

¹Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo, Curso de Química.

²Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

*rafaeljrguelfi@gmail.com

Área do Trabalho: Química: Geral, Inorgânica, Orgânica, Analítica e Físico-Química.

RESUMO

Um material (nano)particulado de óxido de níquel NiO foi sintetizado por meio da decomposição térmica de hidróxido de níquel precipitado via reação clássica de íons Ni²⁺ com hidróxido e caracterizado via espectroscopia de absorção na região do visível e ultravioleta (UV-Vis), por infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e difração de raios X de pó (DRX). Tais análises confirmaram a estrutura do NiO, fornecendo uma estimativa do tamanho médio dos cristalitos em torno de 37 nm. Este particulado obtido se mostrou promissor na interação com N-(fosfonometil)glicina, comercialmente conhecida com glifosato, comprovado por estudos de UV-Vis.

Palavras-chave: *material particulado, óxido de níquel, espectroscopia, interações moleculares.*

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas três décadas, o óxido de níquel, NiO, tem encontrado diversas aplicações no desenvolvimento tecnocientífico, seja como catalisador (Dooley *et al.*, 1994; Wei *et al.*, 2009), sensor para gases (Dirksen *et al.*, 2001; Hotový *et al.*, 2002; Steinebach *et al.*, 2010), em supercapacitores (Patil *et al.*, 2008), em fotocátodos (Sumikura *et al.*, 2008), em baterias (Yang *et al.*, 1999) e demais. Com o advento da nanotecnologia, a ciência dos materiais vem voltando sua atenção às novas propriedades que se somam ao nível macroscópico devido a reduzida escala dos nanomateriais, podendo incluir, entre elas, maior dureza, elasticidade, condutividade elétrica e térmica, melhor resposta óptica; pesquisas objetivando desenvolver nanomateriais para funções complexas vêm mostrando avanços na decomposição de poluentes, respostas seletivas e sensíveis a determinadas biomoléculas, melhora na taxa de conversão de energia luminosa em corrente e mais eficiência no armazenamento de energia (Parak *et al.*, 2011).

Material particulado de óxido de níquel, em especial as nanopartículas, tem sido sintetizadas por diversas rotas, entre elas, por sol-gel (Shahzad *et al.*, 2015), arco de plasma anódico (Qiao *et al.*, 2009), decomposição térmica (Wang *et al.*, 2005), síntese hidrotérmica (Takami *et al.*, 2010), solvotérmica (Anandan; Rajendran, 2011), por precursores poliméricos (Aragón *et al.*, 2012) e precipitação química (Mahaleh *et al.*, 2008).

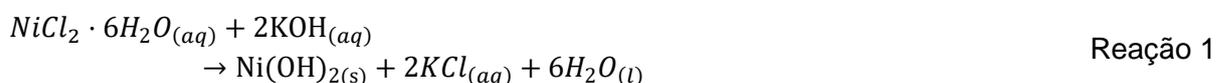
Com base no exposto, neste trabalho, apresenta-se um material nanoparticulado de óxido de níquel, obtido por meio da precipitação e decomposição térmica de hidróxido de níquel, sua caracterização via espectroscopia de absorção UV-Vis, FTIR e DRX, bem como estudos de sua interação com glifosato via UV-Vis.

2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Síntese de óxido de níquel nanoparticulado

Os reagentes utilizados foram todos de grade P.A. com pureza acima de 98%.

O método utilizado para síntese do NiO particulado foi uma adaptação do utilizado por El-Kemary e colaboradores (2013), no qual utilizou-se uma solução de 0,111 mol L⁻¹ de NiCl₂ · 6H₂O em etanol absoluto, com pH ajustado em 12 com hidróxido de potássio, via precipitação de hidróxido de níquel. Deixou-se reagir por 4 horas sob vigorosa agitação magnética. Após uma semana à 5°C, o precipitado verde foi separado por filtração a vácuo e colocado em dessecador por outra semana. A decomposição térmica foi realizada em forno mufla (modelo GP-2000B-M), aquecendo-se à 500 °C durante 5 horas. Estes processos são exemplificados pelas Reações 1 e 2:



2.2 Caracterização de Amostras

As análises de caracterização do material foram realizadas por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier na região de 4000 cm⁻¹ a 400 cm⁻¹ em pastilhas de KBr, equipamento modelo Shimadzu IRPrestige-21. Os estudos estruturais foram realizados em um difratômetro de raios X Rigaku (modelo Miniflex® 300) com radiação de Cu K α , com 1,54051 Å de comprimento de onda, fonte de energia com 30 kV e 10 mA. Os estudos de espectroscopia UV-Vis foram realizados num espectrofotômetro modelo Evolution™200 Series da Thermo Fischer Scientific, utilizando de cubetas de quartzo e varreduras na faixa de 200 a 800 nm.

Pela equação de Debye-Scherrer (Equação 1) (Alexander; Klug, 1950) estimou-se um tamanho médio dos cristalitos do óxido de níquel, onde τ corresponde ao tamanho médio das partículas, K é a constante de proporcionalidade, aproximando para uma estrutura esférica seu valor é de 0.9, λ corresponde ao comprimento de onda do raio X, β é a largura à meia altura dos picos de difração e θ corresponde ao ângulo de difração.

$$\tau = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta} \quad \text{Equação 1}$$

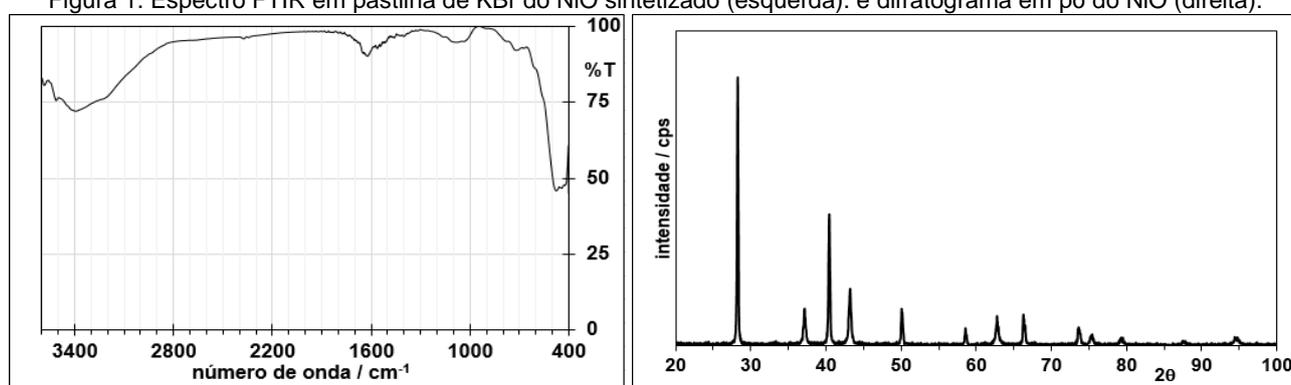
Para os testes de interação molecular foram preparadas soluções padrões de glifosato, em etanol absoluto, de concentração 24,4 mg L⁻¹, e do material sintetizado na concentração de 24,3 mg L⁻¹. Todos os testes foram realizados em triplicata, com 10 adições de 3 μ L da solução estoque de glifosato em 3 mL da solução de material sintetizado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do material sintetizado

Os resultados de FTIR podem ser observados na Figura 1. Observa-se que na faixa de 400 a 600 cm^{-1} , com picos em 430, 446 e 470 cm^{-1} , encontram-se os modos característicos de vibração da ligação Ni–O, cuja amplitude do sinal é um indicativo da escala nanométrica do material. A absorção alargada em torno 3422 cm^{-1} indica a presença da ligação O–H, enquanto que o pico de baixa intensidade em torno de 1600 cm^{-1} é associado ao ângulo de ligação H–O–H. As absorções em 668 cm^{-1} , bem como na região de 1250 a 1750 cm^{-1} são modos típicos do CO_2 , similares aqueles obtidos por Qiao *et al.* (2009) e sugerem a obtenção de um material de pequenas partículas com moléculas de H_2O e CO_2 aderidas em sua superfície.

Figura 1. Espectro FTIR em pastilha de KBr do NiO sintetizado (esquerda), e difratograma em pó do NiO (direita).



Fonte: autoral.

O difratograma do material sintetizado é mostrado na Figura 1. Verificam-se picos bem definidos, o que sugere bons graus de pureza e cristalinidade, em 2θ de 37,043°, 43,072°, 62,627°, 75,22°, 79,26° e 94,83°, que são característicos da estrutura do óxido de níquel, em posições similares aos encontrados por Shahzad *et al.* (2015) e corroborado pelo padrão de NiO (Card N° 1010095). O tamanho médio dos cristalitos de óxido de níquel estimado pela equação de Debye-Scherrer foi de 37 nm, valor encontrado dentro da faixa apresentada pela literatura supracitada para diferentes métodos de obtenção do material.

3.2 Estudos UV-Vis e Interação com glifosato

O material particulado de NiO em etanol possui uma banda de absorção UV-Vis em 345 nm, enquanto que as soluções em etanol do glifosato absorvem em 268 nm apenas. Ao se fazer adições de alíquotas de glifosato (3 μL) de uma solução estoque (24,4 mg L^{-1}) sobre o NiO observa-se um aumento da absorção em 345 nm, linearmente dependente da concentração de glifosato até se alcançar uma concentração de 122 $\mu\text{g L}^{-1}$ de glifosato. A partir desta concentração, ocorre uma saturação e a absorção torna-se constante. Ainda, para concentrações maiores, percebe-se a formação de agregados, como ocorre no caso de nanopartículas de prata (DE GÓES *et al.*, 2017), o que sugere que o glifosato favoreça tal fenômeno.

4 CONCLUSÃO

Foi obtido um material de NiO nanoparticulado e sua estrutura caracterizada via métodos espectroscópico e difratométrico. Observou-se que esta síntese empregada para produzir



nanopartículas de óxido de níquel apresenta reprodutibilidade em escalas maiores, sendo que este mesmo método foi reproduzido e os resultados de caracterização são equivalentes aos apresentados nesse trabalho. Testes de interação com glifosato se mostraram positivos para concentrações baixas (limite de 122 $\mu\text{g L}^{-1}$), enquanto que para maiores, verificou-se um processo de saturação e agregação em solução, o que também é importante em processos de tratamento e/ou separação.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, L.; KLUG, H. P. Determination of crystallite size with the X- Ray spectrometer. **Journal of Applied Physics**, v. 21, n. 2, p. 137-142, 1950.

ANANDAN, K; RAJENDRAN, V. Morphological and size effects of NiO nanoparticles via solvothermal process and their optical properties. **Materials Science in Semiconductor Processing**, v. 14, n. 1, p. 43-47, 2011.

ARAGÓN, F. H. *et al.* Spin-glass-like behavior of uncompensated surface spins in NiO nanoparticulated powder. **Physica B: Condensed Matter**, v. 407, n. 13, p. 2601-2605, 2012.

DE GÓES, R. *et al.* Spectroscopic detection of glyphosate in water assisted by laser-ablated silver nanoparticles. **Sensors**, v. 17, n. 5, p. 954, 2017.

DIRKSEN, J. A. *et al.* NiO thin-film formaldehyde gas sensor. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 80, n. 2, p. 106-115, 2001.

DOOLEY, K. M. *et al.* Stable nickel-containing catalysts for the oxidative coupling of methane. **Journal of catalysis**, v. 145, n. 2, p. 402-408, 1994.

EL-KEMARY, M.; *et al.* Nickel oxide nanoparticles: synthesis and spectral studies of interactions with glucose. **Materials Science in Semiconductor Processing**, v. 16, n. 6, p. 1747-1752, 2013.

HOTOVÝ, I. *et al.* Sensing characteristics of NiO thin films as NO₂ gas sensor. **Thin Solid Films**, v. 418, n. 1, p. 9-15, 2002.

MAHALEH, Y.; *et al.* NiO nanoparticles synthesis by chemical precipitation and effect of applied surfactant on distribution of particle size. **Journal of Nanomaterials**, v. 2008, p. 78, 2008.

PARAK, W. J. *et al.* Quantum Dots in: SCHMID, Günter (Ed.). **Nanoparticles: from theory to application**. John Wiley & Sons, 2011.

PATIL, U. M. *et al.* Chemically deposited nanocrystalline NiO thin films for supercapacitor application. **Applied Surface Science**, v. 255, n. 5, p. 2603-2607, 2008.

QIAO, H. *et al.* Preparation and characterization of NiO nanoparticles by anodic arc plasma method. **Journal of Nanomaterials**, v. 2009, p. 2, 2009.

SHAHZAD, F. *et al.* Preparation and characterization of NiO nanoparticles. In: **Journal of nano research**. Trans Tech Publications, 2015. p. 93-102.



STEINEBACH, H. et al. H₂ gas sensor performance of NiO at high temperatures in gas mixtures. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 151, n. 1, p. 162-168, 2010.

SUMIKURA, S. et al. Syntheses of NiO nanoporous films using nonionic triblock co-polymer templates and their application to photo-cathodes of p-type dye-sensitized solar cells. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, v. 199, n. 1, p. 1-7, 2008.

TAKAMI, S. et al. Continuous hydrothermal synthesis of nickel oxide nanoplates and their use as nanoinks for p-type channel material in a bottom-gate field-effect transistor. **Nanotechnology**, v. 21, n. 13, p. 134009, 2010.

WANG, Y. et al. Preparation of NiO nanoparticles and their catalytic activity in the thermal decomposition of ammonium perchlorate. **Thermochimica Acta**, v. 437, n. 1-2, p. 106-109, 2005.

WEI, W. et al. Study on the catalytic effect of NiO nanoparticles on the thermal decomposition of TEGDN/NC propellant. **Journal of hazardous materials**, v. 168, n. 2-3, p. 838-842, 2009.

YANG, H. X. et al. Preparation and characterization of LiNiO₂ synthesized from Ni(OH)₂ and LiOH·H₂O. **Journal of power sources**, v. 79, n. 2, p. 256-261, 1999.



UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE INDÚSTRIA MOVELEIRA COMO MATÉRIA-PRIMA E PRODUÇÃO DE COMPÓSITO PLÁSTICO-MADEIRA

Gabriele Dornelles Ávila^{1,*}, Patrícia 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

²Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Santo Ângelo, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Curso de Química Industrial

*gabrieledavila@aluno.santoangelo.uri.br

Área do Trabalho: Ciência e Engenharia dos Materiais.

RESUMO

O mercado industrial de móveis está em crescimento a cada ano devido à modernização de seu processo de produção e também ao surgimento de pequenas indústrias de móveis com produção voltada ao ramo sob medida. Em contraposição a isso, há um crescente na geração de resíduos na indústria deste ramo considerada agravante em relação aos impactos ambientais. A destinação indevida dos resíduos no meio ambiente provoca, além de danos à fauna e flora, prejuízos econômicos a empresa. Em vista disso, o presente trabalho traz uma alternativa para o reaproveitamento dos resíduos de embalagens de polietileno e pó de serragem de MDF, transformando estes materiais em matriz e reforço que, quando unidos, formam um novo material. O compósito plástico-madeira resultante da junção das duas matérias residuais da indústria resultou em um material com resistência mecânica significativa, sendo que a composição de 60% polietileno e 40% MDF obteve melhor resultado no ensaio de tração, resistindo mais relevantemente à força aplicada. As condições de processamento e a resina presente no reforço foram responsáveis pelo aceitável resultado encontrado.

Palavras-chave: *Compósitos, MDF, polietileno, resíduos.*

1 INTRODUÇÃO

De acordo a Associação das Indústrias de Móveis do Estado do Rio Grande do Sul (MOVERGS, 2018), a indústria moveleira brasileira é formada por cerca de 17.530 micro, pequenas e médias empresas localizadas em maioria na região centro-sul do país, em polos moveleiros.

Nas empresas desse ramo, a geração de resíduos sólidos advém em maioria formada de restos de madeira e afins, sendo esta a predominância de material utilizado e, conseqüentemente, descartado (NAHUZ, 2005). As regiões onde ocorrem cortes, furações, usinagens e lixamentos são onde mais se gera resíduos, principalmente os menos, mais difíceis de descartar e reaproveitar.

Os chamados compósitos plástico-madeira, abreviado como WPC (wood plastic composite), são materiais constituídos geralmente por resíduos de madeiras e plásticos, estes sendo os subprodutos que originam a matriz e o reforço do compósito. Os WPCs apresentam vantagens como alto módulo de elasticidade, baixo custo, baixa densidade, resistência específica alta, e claro, o fato de serem ecologicamente corretos por ter sua fabricação a partir de materiais recicláveis (KIM e PAL, 2010).



O uso de partículas de madeira como reforço em termoplásticos tem sido relatado por inúmeros autores. Estudos foram desenvolvidos sobre a transformação de materiais utilizando cargas de subprodutos para produção de materiais compósitos, em busca de uma manufatura mais em conta, com baixo custo de fabricação, além de reutilizar resíduos em descarte, que visa a responsabilidade ambiental. Busca-se também que os compósitos apresentem carga econômica, ecológica e resistência para substituir produtos normalmente utilizados no mercado, uma vez que os compósitos possuem ampla aplicabilidade no mercado (YAMAJI e BOUDELLE, 2004).

Para a produção desse tipo de compósito, deve-se levar em conta alguns pontos negativos que podem ocorrer, como a incompatibilidade entre as fibras de madeira, hidrofílicas, e o material polimérico, hidrofóbico, causando baixa dispersão; falta de interação química na interface madeira-polímero, devido à falta de reatividade entre o plástico e as fibras de madeira; e fraca adesão das fibras de madeira com o material polimérico (GUADAGNINI, 2001).

A utilização de sobras de materiais descartados ao longo de processos de fabricação da indústria moveleira é uma das novas formas de juntar o fator econômico com a sustentabilidade. Ao se reutilizar pós e serragens para reforçar polímeros, e assim formar os chamados compósitos, encontra-se um destino para subprodutos que até então possuíam dificuldade para serem descartados de maneira adequada. Em vista das delimitações do tema, é proposto um compósito plástico-madeira que utiliza como matérias-primas resíduos de indústria de móveis, pó de lixa de MDF e embalagens plásticas, buscando um material com aplicabilidade no próprio setor moveleiro. A importância deste estudo está na técnica produtiva simples e no reaproveitamento do material MDF, que traz graves danos ambientais e não tem adequado e econômico descarte. Deste modo, busca-se o incentivo à produção sustentável, atendendo a viabilidade, favorecendo a indústria e o meio ambiente.

2 MATERIAL E MÉTODO

Coletou-se em indústria de móveis da cidade de Santo Ângelo, RS, os materiais para a produção do compósito. Estes são o pó de MDF, resíduo gerado após a fabricação de produtos compensados, e o polietileno, resíduo de embalagens encontradas na empresa.

2.1 Preparo de materiais

Inicialmente moeu-se o polietileno, matriz polimérica do compósito, em moinho de facas (Willey) para obtenção de um diâmetro de 1,5 mm, tamanho da tela passante do equipamento.

Preparou-se o reforço separando as menores partículas de pó de MDF, fazendo esta seleção através de peneiramento usando-se a peneira de *Mesh* 100, executando este processo de separação durante 10 min em agitador magnético. Secou-se as partículas peneiradas em estufa a uma temperatura de 90°C para retirada de qualquer umidade contida no material.

2.2 Método de fabricação e ensaio de caracterização

Para a prensagem do compósito, estabeleceu-se as condições de processamento do verificando a temperatura de fusão do polímero-matriz. Em resumo, estabeleceu-se a melhor condição de fabricação do compósito a uma temperatura de 185 °C, durante 5 min cronometrados e



uma pressão de 3 TON em uma prensa hidráulica com aquecimento. Os WPCs foram processados para cada concentração, tendo cada amostra 10 g de massa.

Feitos os corpos de prova, aplicando-se de forma adaptada a Norma ASTM D638 – Tipo IV – Método de Teste Padrão para Propriedades de Tração de Plásticos reforçados ou não, cortou-se todas amostras de compósito produzidas, e realizou-se o ensaio de tração para verificação das propriedades mecânicas do material.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensaio de tração aplicado neste projeto utilizou um equipamento projetado para alongar o corpo de prova a uma taxa constante, sendo medido a carga aplicada de forma instantânea e os alongamentos resultantes, registrando-se os resultados coletados.

Para caracterizar a resistência do material compósito produzido, realizou-se o ensaio mecânico de tração e obteve-se com resultados os valores de força e tração conforme a Tabela 1. A área em que aplicou-se a força através do equipamento corresponde a uma média de 1 mm de espessura e 7 mm de largura.

Tabela 1. Resultados dos ensaios mecânicos de tração

Composição de MDF	Força (N)	Tração (MPa)
25%	18,7 ± 3,6	2,69 ± 0,51
35%	19,2 ± 3,7	2,74 ± 0,52
40%	20,6 ± 2,7	2,94 ± 0,39
50%	15,7 ± 5,2	2,24 ± 0,74

Fonte: o autor

Através dos ensaios realizados foi possível observar que as amostras contendo 40% de MDF apresentaram maior resistência à tração. O percentual de 40% obteve menor desvio padrão e o de 50% deve ter ultrapassado o limite de aceitação de carga (MDF). O compósito com 40% de MDF plastificou melhor e foi a melhor composição para o ganho de resistência.

A aderência matriz e reforço teve resultado esperado no processo de prensagem a quente realizado para formação dos corpos de prova devido muito provavelmente à resina presente na composição química do reforço MDF. Há uma grande diversidade nos tipos de resina utilizados pelas indústrias para a compatibilização das fibras e posterior fabricação de painéis de madeira, destacando-se a uréia-formaldeído (UF) por ter um baixo custo de preparo e utilização. Esta resina possui uma grande resistência a tração pois ao entrar em contato com o material a que é exposto, principalmente painéis e polímeros, traz ao mesmo um acabamento após a cura muito resistente devido a formação de uma liga ultrapassando a força das partículas da madeira (WEBER, 2011). As partículas de MDF continham resinas de ureia-formaldeído devido à composição química do compensado, e então, ao reagir com o polímero em processamento a quente, estimulou-se a compatibilidade do reforço com a matriz, resultando em um material resistente.

Um outro fator que influenciou na resistência do material compósito fabricado foi o processo de secagem do MDF na preparação deste material antes da prensagem. Melo (2006) diz que nós, inclinações e rachaduras nos produtos compósitos tem a ver com a secagem do material que os reforça. Segundo o autor, quando se utiliza reforços de partículas ou fibras de madeira, é de grande importância a secagem destes materiais antes do processamento do produto final visto que este



passo torna mínima a interferência de partículas e água na aderência com a matriz, também melhorando na performance de resistência.

A temperatura e pressão de processamento do compósito também interfere nas propriedades físicas do material. Conforme afirma Canevarolo (2006), quando termoplásticos são submetidos a altas temperaturas juntamente com adição de reforços, apresentam variação em sua cadeia em primeiro momento mas quando se fundem ao material reforçado, se adaptam a uma nova conformação molecular, formando um material mais firme. Vale ressaltar que esta amplitude de propriedades varia de acordo com o material que complementa a matriz e a quantidade utilizada.

4 CONCLUSÃO

O compósito de plástico-madeira obteve resultados significativos em sua caracterização, pois se obteve um material com maior resistência mecânica na composição que continha 40% da massa de reforço em MDF. As condições de processamento, a resina presente na composição química do reforço e a preparação dos materiais utilizados para a produção dos WPCs mostraram grande influência no resultado final, embora haja variação nos resultados devido ao processo de prensagem pelo qual matriz e reforço foram submetidos.

REFERÊNCIAS

KIM, J.K.; PAL, K. **Recent advances in the processing of wood-plastic composites**, Springer Science & Business Media, 2010.

YAMAJI, F. M.; BOUELLE, A. Utilização da serragem na produção de compósitos plástico madeira. **Revista Floresta**, Curitiba. vol. 39, n.1, p. 54-66, 2004.

MOURA, M. F. S. F. d.; MORAIS, A. B. d.; MAGALHÃES, A. G. D. **Materiais Compósitos, Fabrico e Comportamento Mecânico**. 2 ed. São Paulo, 2011.

WEBER, C. **Estudo sobre viabilidade de uso de resíduos de compensados, MDF e MDP para produção de painéis aglomerados**. 2011. 90p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

CANEVAROLO, S. V. **Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 2 ed. São Paulo: Artliber, 2006.

ASTM: **Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics** – ASTM D638.

MELO J. E; **Estruturas de madeira**. Universidade de Brasília/FAU/TEC, Laboratório de produtos florestais/IBAMA. Brasília, 2006.

ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE MÓVEIS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (MOVERGS); **Dados do setor moveleiro**. 2017. Disponível em <<http://www.movergs.com.br/dados-setor-moveleiro>>. Acesso em: 2 maio 2019.

NAHUZ, M. A. R. **Resíduos da indústria moveleira: a cadeia produtiva de móveis no Brasil**. São Paulo: IPT, 2005.



UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE JABUTICABA DE BUTIÁ PARA EXTRAÇÃO DE ANTOCIANINAS E FLAVONOIDES

Larissa de Oliveira Liberalesso^{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

* larissaliberalesso@aluno.santoangelo.uri.br

Área do Trabalho: Química: Geral, Inorgânica, Orgânica, Analítica e Físico-Química.

RESUMO

O cultivo de frutas nativas do Rio Grande do Sul como a jabuticaba e o butiá, tem mostrado grande potencial econômico para a produção de sucos, polpas, geleias, licores, iogurtes e sorvetes. O processamento de frutas produz o bagaço, como é gerado em grandes quantidades e é rico em pigmentos, percebe-se a sua potencial aplicação na extração de antocianinas e flavonoides. O objetivo deste trabalho foi reaproveitar o bagaço de jabuticaba e butiá para extrair e quantificar as antocianinas e flavonoides a partir de uma solução hidroetanólica. Desta forma, seis experimentos foram realizados, onde foram avaliadas as mudanças do percentual de etanol da solução e a relação entre a quantidade de soluto e solvente. Os teores de antocianinas extraídas variaram entre 13,88 e 130,27 mg/g equivalente de cianidina-3 glicosídeo, já para os flavonoides obtiveram teores entre 480,3 a 161,2 mg/L de catequina. Os resultados mostraram que quanto maior o volume de etanol presente na solução e quanto menor a relação soluto/solvente, maior será a quantidade extraída de flavonoides e menor será a quantidade de antocianinas presentes no bagaço de jabuticaba e butiá,

Palavras-chave: *Antocianinas, flavonoides, bagaço.*

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira reúne atrativa e condições favoráveis para produzir e exportar mais frutas ao longo do ano. Sendo a maior parte das frutas produzidas é demandada pela população brasileira e pela indústria processadora. A produção foi estimada em 43,5 milhões de toneladas para 2017, já em 2018 o volume total de frutas chegou a 45,6 milhões de toneladas, conforme a Comissão de Fruticultura da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). (Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2018). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas e o 23º maior exportador ficando atrás apenas da China e Índia, o que mostra a relevância do setor para a economia brasileira (Sebrae, 2015).

O cultivo de frutas nativas do Rio Grande do Sul como a jabuticaba e o butiá, tem mostrado grande potencial econômico para a produção de sucos, polpas, geleias, licores, iogurtes e sorvetes, já que estes produtos possuem valor de venda e lucratividade superior às frutas comercializadas de forma *in natura*. Além disso, os consumidores mostram-se cada vez mais interessados em produtos naturais e funcionais, que tragam benefícios à saúde, e os derivados de butiá e jabuticaba são uma excelente opção para atender a este mercado, pois apresentam alta concentração de compostos antioxidantes.

O processamento de frutas produz o bagaço, que representa cerca de 50% do total da fruta, em massa. Um maior aproveitamento dessas frações agregaria mais valor a essa fruta (Morales et



al., 2016). Como o bagaço de frutas é gerado em grandes quantidades e é rico em pigmentos, percebe-se a sua potencial aplicação na extração de antocianinas e flavonoides, sendo estes pertencentes à classe de compostos fenólicos, que podem ser utilizados em diversos ramos da indústria farmacêutica e de alimentos, substituindo produtos sintéticos, como corantes, aditivos alimentícios e substâncias antioxidantes (Angelo; Jorge, 2007; Morales et al., 2016; Lima et al., 2008).

Este projeto teve como objetivo a extração e a quantificação de antocianinas e flavonoides encontrados em bagaços de frutas nativas do Rio Grande do Sul, sendo eles o butiá e jabuticaba, doados por pessoas que cultivam para o seu próprio consumo, e assim, selecionando o melhor método de extração dentre os experimentos realizados.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Bagaço de butiá e jabuticaba

O bagaço de jabuticaba e butiá foi adquirido através de agroindústrias locais da região das Missões, no Rio Grande do Sul. Os subprodutos foram submetidos ao processo de secagem em estufa, em temperatura de aproximadamente 50 °C. Depois de seco, o bagaço foi triturado em um moinho de facas, com o intuito de homogeneizar a granulometria dos sólidos.

2.2 Extração de antocianinas e flavonoides

Nos experimentos de extração, foram avaliadas as alterações na razão soluto e solvente com o parâmetro de 70% de etanol e 15 g de amostra. Os experimentos foram realizados em triplicata, ou seja, totalizando nove ensaios. Após cada experimento os extratos foram filtrados com o auxílio de um funil e papel filtro. A Tabela 1 apresenta os três experimentos realizados, com as respectivas quantidades de etanol e água da solução.

Tabela 1. Experimentos de extração dos compostos fenólicos do bagaço de jabuticaba e buti.

Experimento	Soluto/solvente (m/v)	Volume (mL)	Volume de Etanol (mL)	Volume de Água (mL)
1	1:3	45	31,5	13,5
2	1:6	90	126	54
3	1:9	135	189	81

(Fonte: o Autor).

2.3 Quantificação de antocianinas e flavonoides

A determinação de flavonoides foi feita de acordo com metodologia descrita por Dewanto et al. (2002), com adaptações. A técnica baseia-se na medida da absorbância, a 510 nm, do complexo formado entre o flavonoide e o alumínio do reagente de cor. Os resultados foram expressos como equivalentes de catequina (mg/L) por grama de amostra. As análises foram efetuadas em espectrofotômetro UV-Vis.

A quantificação de antocianinas totais foi realizada pelo método de pH diferencial proposto por Giusti e Wrolostad (2001). Utilizou-se 0,5 mL de extrato com 1:14 em solução de pH 1,0 (0,2 mol/L) e em pH 4,5 de acetato de sódio 1 mol/L. As absorbâncias foram medida em dois comprimentos de onda, 510 e 700 nm e após colocadas na equação 1 e 2, para determinar as antocianinas monoméricas.

$$A = (A_{510} - A_{700})_{Ph\ 1,0} - (A_{510} - A_{700})_{Ph\ 4,5}$$

Equação 1

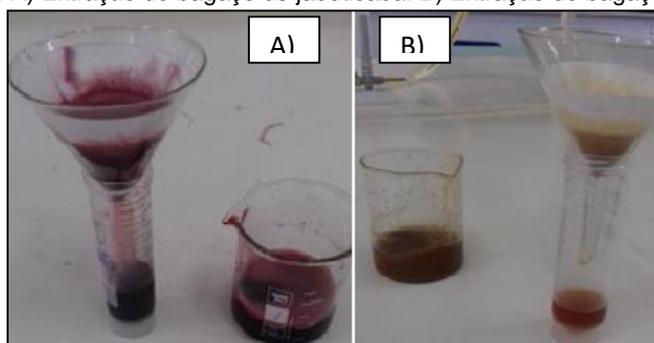
$$\text{Antocianinas} = \frac{(A.PM.FD.100)}{\epsilon.1}$$

Equação 2

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 mostra a extração dos flavonoides e antocianinas para posteriores análises.

Figura 1. A) Extração do bagaço de jabuticaba. B) Extração do bagaço de butiá.



(Fonte: o Autor).

O conteúdo de antocianinas totais apresentou variação tanto entre as variedades estudadas, quanto em porções diferentes do bagaço conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Dados obtidos nos experimentos para o bagaço de jabuticaba e butiá.

Soluto/solvente	Jabuticaba		Butiá	
	Antocianinas (mg/100g)	Flavonoides (mg/L)	Antocianinas (mg/100g)	Flavonoides (mg/L)
1:3	13,88+0,007	480,3+56,1	76,51+0,15	362,9 +54,5
1:6	17,91+0,03	294,7+6,6	90,63 +0,17	282,3+6,7
1:9	21,31+0,01	274,7+19,8	130,27 + 0,06	161,2+5,2

(Fonte: o Autor).

Os teores de antocianinas extraídos variaram entre 13,88 e 130,27 mg/g equivalente de cianidina-3 glicosídeo, mostrando, desta forma, que o bagaço de jabuticaba e butiá representa uma importante fonte destes compostos. Os valores encontrados neste trabalho para o bagaço de jabuticaba foram superiores ao encontrados para o bagaço de butiá.

Para os valores encontrados no trabalho de Ribeiro et al (2014), que utilizou morangos de diferentes tipos, obteve valores próximos ao encontrados neste trabalho referente ao bagaço de butiá. Já para uva as antocianinas obtiveram valores menores conforme no trabalho de Silva (2011), ou seja, próximos ao bagaço de jabuticaba. Esses valores podem ter variado por conta da quantidade ou da composição das antocianinas presentes nas frutas a qual diferem de acordo com a espécie, variedade, maturidade, condições climáticas, cultivo e porções analisadas.

No trabalho de Abe et al. (2007), obtiveram valores, para flavonoides em uvas de diferentes espécies, muito abaixo quando comparados com este trabalho. De acordo com Crizel et al., (2017), para a polpa de butiá obteve valores em torno de 863 mg/L de catequina, ou seja, valores superiores



ao encontrado neste trabalho. Com isso pode-se afirmar que a polpa da fruta possui maior quantidade de flavonoides do que o no bagaço da fruta do butiá.

Esses compostos são importantes para as plantas, uma vez que estão associados na atração de insetos, proteção contra fatores de estresses, patógenos, também atuam na regulação de processos fisiológicos e metabólicos (Crizel et al., 2017)

Pode-se afirmar que quanto menor a proporção de soluto/solvente, maior é a quantidade de extração de flavonoides. Em relação ao percentual de etanol, quanto maior a quantidade de etanol em relação à quantidade de água presente na solução, mais eficiente será a extração do composto analisado. Dentre as amostras a que apresentou maior teor de flavonoides teve menor concentração de antocianinas totais, isso se deve a vários fatores, entre eles podemos citar o não amadurecimento completo da fruta, a pouca exposição à luz, a temperatura e o fato de que as amostras foram cultivadas em locais diferentes (Copetti, 2010).

4 CONCLUSÃO

Visando o aproveitamento de resíduos agroindustriais, este trabalho buscou extrair as antocianinas e os flavonoides presentes no bagaço de jabuticaba e butiá, já que estes compostos apresentam importantes propriedades nutricionais e funcionais e podem ser aplicados em outros produtos, entre eles, nas indústrias alimentícia e farmacêutica. Nos experimentos realizados, foram extraídas quantidades de antocianinas entre 13,88 e 130,27 mg/g equivalente de cianidina-3 glicosídeo e de flavonoides valores entre 480,3 e 161,2 mg/L de catequina. Sendo que o bagaço de jabuticaba predomina a quantidade de flavonoides, mas possui menor valor de antocianinas na sua composição, isso acontece por fatores como maturação, cultivo ou em regiões de plantações diferentes. Sendo o melhor resultado foi obtido na condição de menor relação soluto/solvente e maior percentual de etanol.

NOMENCLATURA

A	Absorbância da amostra	[mg/g]
A_{510}	Média da absorbância em comprimento de onda de 510 nm	[mg/g]
A_{700}	Média da absorbância em comprimento de onda de 700 nm	[mg/g]
PM	Peso molecular	[g/mol]
FD	Fator de diluição	[-]
ϵ	Absortividade molar	[L/mol.cm]

REFERÊNCIAS

ABE, L.T. et al. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 394-400, 2007.

ANGELO, P.M, Jorge N, Compostos fenólicos em alimentos - uma breve revisão. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**. São Paulo, v. 66, n. 1, 2007 Anuário Brasileiro de Fruticultura 2018. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2018. 88 p. Disponível em: (http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2018/04/FRUTICULTURA_2018_dupla.pdf). Acesso em: 30 abr. 2019.



COPETTI, C. **Atividade antioxidante in vitro e composto fenolicos em morangos (Frgaria X ananassa duch):** Influência da cultivação, sistema de cultivo e período de colheita, 2010.

CRIZEL, R. et al. Potencial funcional de polpas de araçá amarelo (*Psidium cattleianum*) e de butiá (*Butia odorata*). **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 2252-2264, 2017.

DEWANTO V., Wu X., ADOM K.K., LIU R.H. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. **J Agric Food Chem**. 2002;50(10):3010-4

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. **Current protocols in food analytical chemistry**, n. 1, p. F1. 2.1-F1. 2.13, 2001.

LIMA, A. J, et al. Caracterização química do fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e desuas frações. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 58, n. 4, p. 416, 2008.

RIBEIRO, C. Z. et al. **Determinação de flavonoides e antocianinas totais em morango de cultivo convencional e orgânico.** In: Instituto Federal de Santa Catarina, 2014.

SEBRAE, **agronegócio – fruticultura.** boletim de inteligência, 2015. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/arquivos_chronus/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/\\$file/5791.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/arquivos_chronus/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/$file/5791.pdf). Acesso em: 10 abr. 2019.

Silva, M. S. et al. Quantificação de antocianinas totais determinadas na casca e na polpa de uvas tintas destinadas à produção de vinhos. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Simpósio brasileiro de pós-colheita de frutas, hortaliças e flores, 3, 2011, Nova Friburgo. **Anais...** Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011, 2011.