



## **ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E OPERACIONAL DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA ALTERNATIVO PARA TRATAMENTO DA VINHAÇA**

Loysleny Branco dos Santos<sup>1</sup>, Kamilla Alves Carvalho<sup>2</sup>

### **RESUMO**

Entre as culturas brasileiras mais representativas se destaca o cultivo da cana-de-açúcar, que é um produto que eleva a economia nacional. No setor sucroalcooleiro se destacam alguns subprodutos como a vinhaça e o bagaço da cana-de-açúcar. A vinhaça é um efluente malcheiroso e poluente gerado após a fermentação do caldo da cana, e o bagaço um subproduto farto que vem instigando pesquisas para utilização das sobras do mesmo nos processos. Visto isto, o objetivo do trabalho é analisar a viabilidade técnica e operacional de se implantar um sistema alternativo de tratamento afim de reduzir os impactos negativos causados pelo lançamento da vinhaça no solo. Para este estudo foi feito um levantamento de dados pertinentes ao volume de vinhaça e a quantidade do bagaço da cana de açúcar produzidas durante o processo de fabricação de etanol em uma usina localizada no Sudoeste Goiano. No processo de filtragem foi utilizado um carvão ativado originado do bagaço da cana, foi realizado o dimensionamento e análise de viabilidade técnica para implantação desse sistema. Como resultado, foi comprovado a viabilidade operacional de implantação do sistema de tratamento da vinhaça.

**Palavras-chave:** Adsorção. Bagaço. Carvão Ativado.

---

<sup>1</sup> loyslenybs@gmail.com, Graduanda, Universidade de Rio Verde, Engenharia de Produção.

<sup>2</sup> alveskamilla4@gmail.com, Orientadora, Universidade de Rio Verde, Engenharia de Produção.



## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das culturas nacionais mais expressivas. Este produto tem um impacto socioeconômico muito representativo. O Brasil é apontado como o maior produtor de cana-de-açúcar e de produtos provenientes da mesma do mundo, com uma produção de 633 milhões de toneladas por ano na safra 2017/2018 (CONAB, 2018).

Na indústria sucroalcooleira, surgem inúmeros tipos de subprodutos, com destaque para a produção de etanol, que gera uma quantia excedente de bagaço de cana e um resíduo líquido chamado vinhaça.

A vinhaça que também é conhecida como restilo ou vinhoto, trata-se de um efluente que sobra do processo de destilação do etanol logo depois que acontece a fermentação do caldo da cana-de-açúcar. Este resíduo tem um elevado índice de poluição e tem sua composição dada por água, matéria orgânica e é rico em minerais como potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Tem como características o valor de pH ácido, um odor forte e a cor amarronzada, resultante da presença de um polímero natural conhecido como melanoidina (SEIXAS F. L.; GIMENES M. L.; MACHADO N. R. C. F., 2016)

Este resíduo tem um volume gerado muito grande quando comparado ao do etanol, pois a cada litro de etanol produzido obtém-se de 12 a 15 litros de vinhaça. Sua finalidade é direcionada para geração de energia e fertirrigação. Geralmente é utilizado para fertilizar o solo das próprias plantações de cana-de-açúcar onde ela é despejada sem ser processada. Porém é um resíduo que se descartado inadequadamente provoca impacto nocivo ao meio ambiente, mas se tiver tratamento adequado, visando reaproveitamento na produção, pode proporcionar ganhos lucrativos (SOUSA, 2018).

O bagaço da cana-de-açúcar é um subproduto econômico e farto gerado nos processos produtivos das indústrias sucroalcooleiras. É utilizado como combustível para as caldeiras e alimentação para bovinos, conforme Stape (2013), atualmente as indústrias não estão conseguindo aplicar todo o bagaço gerado. Neste sentido estuda-se a possibilidade de reaproveitamento do excesso de bagaço, afim de minimizar os impactos negativos que surgem no meio ambiente após o lançamento da vinhaça não processada no solo (SEIXAS F. L.; GIMENES M. L.; MACHADO N. R. C. F., 2016).

Uma maneira de empregar os próprios resíduos industriais para um melhor sistema de tratamento da vinhaça, sendo eles biológicos ou físico-químicos, é fazer um carvão ativado utilizando como matéria prima o bagaço da cana-de-açúcar que fica inutilizado após os processos de produção (GONÇALVES G.C; MENDES E. S.; PEREIRA N. C.; SOUSA J. C,



2006). O carvão ativado é conhecido como um adsorvente muito eficaz preparado através da queima de matérias orgânicas em altas temperaturas e baixo teor de oxigênio. As principais características do carvão ativado são o tamanho dos poros, formados na ativação do carvão e a sua área superficial, essas características fazem suas propriedades serem desempenhadas com maior precisão (FANGMEIER, MICHELE; HOEHNE, LUCÉLIA; 2012).

O carvão ativado preparado a partir do bagaço da cana-de-açúcar é uma alternativa empregada como redutor de impactos provindos do lançamento da vinhaça no solo. Pesquisadores destacam ter a mesma eficiência que os carvões tradicionais que geralmente são importados, porém com um custo mais barato (JORGE I. R.; TAVARES F. P.; SANTOS K. G.; 2015).

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo Geral**

Analisar a viabilidade técnica e operacional de se implantar um sistema alternativo de tratamento afim de reduzir os impactos negativos causados pelo lançamento da vinhaça no solo.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Realizar um levantamento de dados referentes a quantidade de vinhaça e de bagaço de cana-de-açúcar não utilizado na indústria.
- Fazer o dimensionamento de um sistema para tratamento da vinhaça através de carvão ativado provindo do bagaço da cana-de-açúcar.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Para esta pesquisa foi feito um levantamento de dados pertinentes ao volume de vinhaça e à quantidade do bagaço da cana-de-açúcar produzidos durante o processo de fabricação de etanol, como também realizou-se o dimensionamento de um sistema para tratamento da vinhaça. O tratamento em questão, envolve o processo de filtragem da vinhaça por meio de carvão ativado produzido com o bagaço da cana-de-açúcar residual. De acordo com ABREU (2013), esse carvão contém uma elevada área superficial, uma boa distribuição de poros e uma boa capacidade de adsorção. A produção do filtro começa com a secagem do bagaço seguindo para um tratamento térmico em condições de baixo teor de oxigênio e temperaturas extremas, nas quais se faz a conversão do bagaço da cana em um



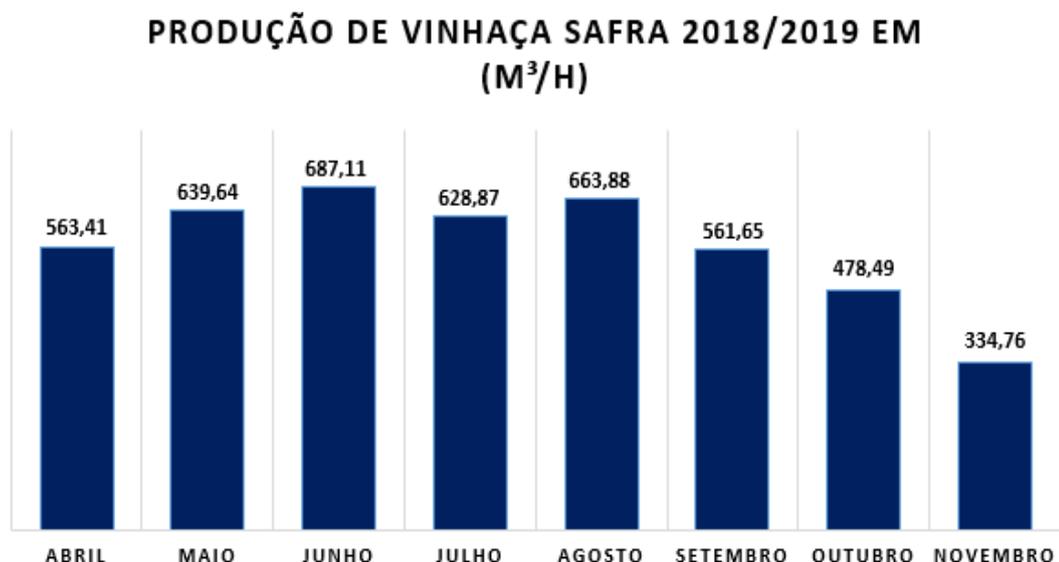
material rico em carbono, que nessa fase ainda não está ativado, logo depois é agregada uma quantidade de reagentes químicos de ativação e o sistema é submetido a um novo tratamento térmico, com isso o material adquire poros em tamanhos quase microscópicos nos quais os poluentes ficam reclusos durante a filtração (MORAIS, V. L. M.; ALSINA, O. L. S.; GOMES, W. C; 2007).

O dimensionamento desse sistema de tratamento foi realizado por meio de consultas a trabalhos disponíveis na literatura, com base nos dados de produção de uma usina em atividade localizada na região Sudoeste de Goiás, referente à safra 2018/2019.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A quantidade de vinhaça produzida mensalmente referente à safra 2018/2019 da usina que se localiza no município de Quirinópolis no Sudoeste Goiano está descrita no Gráfico 1. Tal quantidade depende da produção do etanol, pois a vinhaça é gerada no processo de fermentação.

**Gráfico 1** - Produção de vinhaça safra 2018/2019



Fonte: Próprio autor (2019).

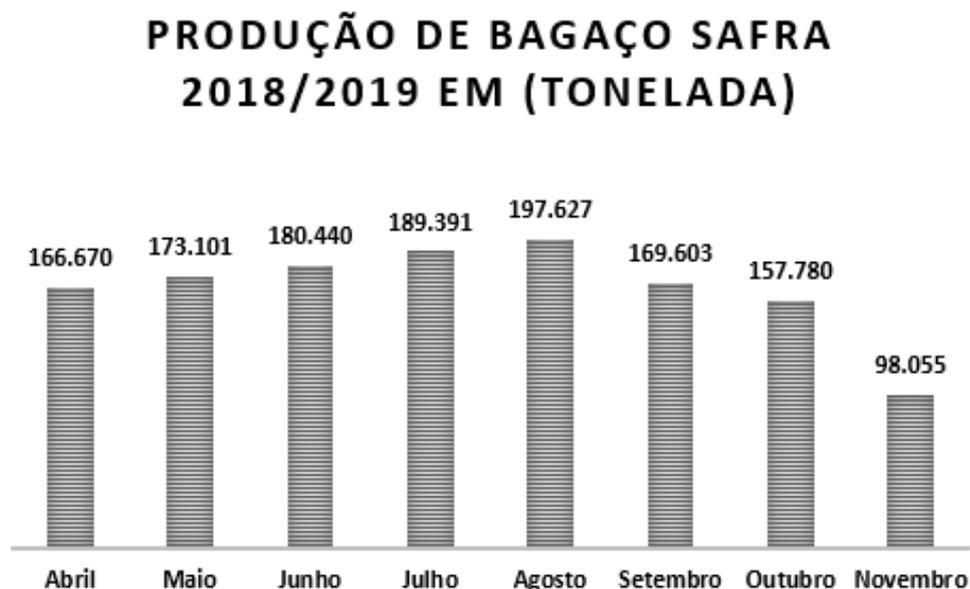
As empresas têm como objetivo conseguir trabalhar em qualquer cenário, tanto em alta como em baixa demanda, e se observado no gráfico 1, o mês de junho apresenta a maior produção de vinhaça da safra 2018/2019. Aumentando este valor em 30% tem-se



uma vazão de 687,41 m<sup>3</sup>/h, que seria a capacidade máxima de tratamento, desta forma, pode-se dizer que é uma maneira de garantir um bom desempenho em épocas de máxima demanda. Entende-se por capacidade máxima de produção quando o equipamento trabalha com a maior quantidade de produtos possíveis em uma unidade de tempo, e essa capacidade máxima é prevista de acordo com os resultados de previsão de demanda, e se o equipamento não conseguir trabalhar nessas condições é notada uma perda de eficiência energética (SILVA D. C.; CARDOSO S. B. O.; HERRERA V. E.; DETREGIACHI F. E.; ANDRADE K. A. D., 2014).

O bagaço da cana-de-açúcar é muito eficiente e produtivo no que se refere a questões econômicas e ambientais, está se destacando como um bioadsorvente muito capaz, pois consegue reter uma porcentagem alta do contaminante do efluente. No Gráfico 2 está representada a quantidade de bagaço produzido na safra 2018/2019 na usina estudada. O bagaço representa cerca de 28 a 30% da massa resultante de uma tonelada de cana moída (BRANDÃO, 2006).

**Gráfico 2** - Produção de bagaço safra 2018/2019



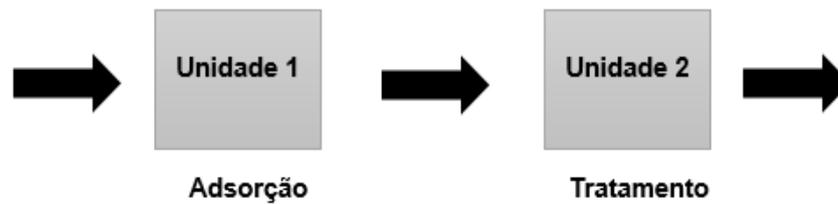
Fonte: Próprio autor (2019).

Para a unidade em questão foi sugerido um sistema de tratamento de vinhaça por meio de carvão ativado, trata-se de um sistema de adsorção em múltiplos estágios, sendo o primeiro contendo bagaço de cana-de-açúcar carbonizado a 800°C e o segundo, bagaço de



cana carbonizado a 600°C, conforme sugerido por Seixas, Gimenes e Machado (2016) e esquematizado na Figura 1.

**Figura 1** - Fluxograma do processo do sistema de adsorção



Fonte: Próprio autor (2019).

As duas unidades operam em batelada, sob agitação lenta, de modo que ao receber a vinhaça, espera-se o tempo de 48 horas na unidade 1 seguida de 48 horas na segunda unidade, tempo requerido para o contato entre a vinhaça e o adsorvente. Para cada alimentação de processo o tempo total requerido para tratamento seria de 96 horas. Neste sentido, sugere-se que a vinhaça gerada fique acondicionada em tanques de retenção designados para este fim. De acordo com fontes pesquisadas, disponíveis na literatura, a adsorção em batelada se destaca especialmente pelo modo como o adsorvente se regenera ao longo do ciclo de dessorção (SCHEER,2002).

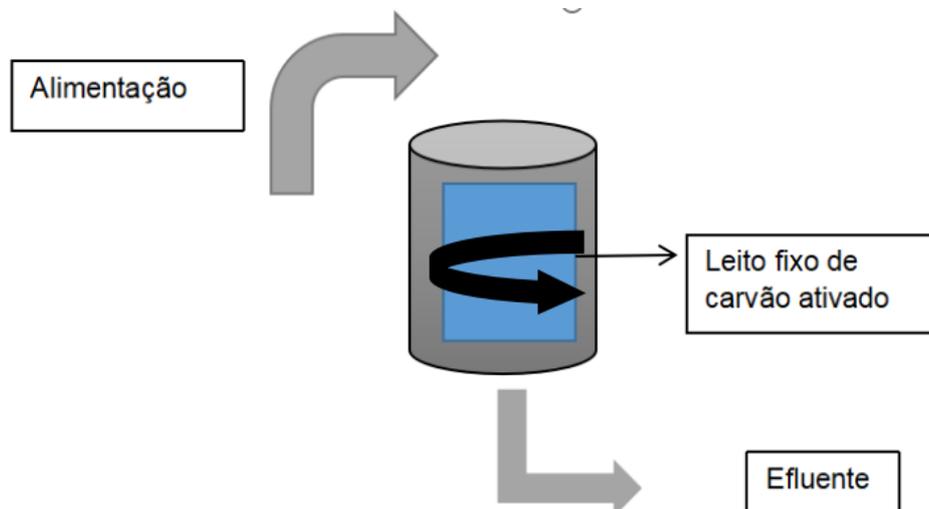
Cada unidade de processo comportaria cerca de 32.995,68 m<sup>3</sup> de vinhaça, o equivalente a 2 dias de produção estimada. A demanda de carvão conforme especificado por Seixas, Gimenes e Machado (2016), é de 25g para cada 1 litro de vinhaça, totalizando uma demanda 824.892 Kg de carvão por unidade de tratamento conforme o carvão estaria disposto dentro do reator compactado em um leito fixo, que será saturado e diante da necessidade, após redução da capacidade adsorvente, pode ser restaurado (SCHEER, 2002).

Todo material tem seu ponto limite, o carvão ativado não seria diferente, e essa limitação da capacidade de adsorção do carvão está direcionado para o total de poros ativos, que quando a capacidade atinge um equilíbrio, o carvão fica saturado. A forma de descobrir se o carvão chegou no seu ponto de saturação é analisando os parâmetros e observando se estão ultrapassando os valores mínimos que foram determinados. Para fazer a regeneração desse carvão são discutidos vários métodos em trabalhos pesquisados, e

dentre esses métodos existe um que é o mais comum, que é a regeneração térmica, consiste basicamente em dissolver os orgânicos por meio de oxidação e volatilização utilizando altas temperaturas (MACHADO, 2013).

A Figura 2 exhibe a esquematização do reator de leito fixo em batelada, sendo que, leito fixo é um processo que possui uma coluna onde as partículas de adsorvente entram em contato com a solução a ser tratada e conforme o adsorvente vai incorporando o adsorvato a solução fica mais concentrada e a coluna expande (DO NASCIMENTO R. F.; DE LIMA A. C. A.; VIDAL C. B.; MELO D. Q.; RAULINO G. S. C., 2014). O leito fixo é composto de pequenas partículas de sólido sorventes que a partir do momento que a remoção dos poluentes não está eficiente, o fluxo é interrompido e o material começa a se regenerar, possibilitando que o material dessorvido se recupere (DOS SANTOS, 2014).

**Figura 2** -Esquema do reator de leito fixo em batelada



Fonte: Próprio Autor (2019).

O preparo do carvão ativado se dá por meio de ativação física, na qual o bagaço será direcionado a um forno sob atmosfera ambiente, em que o processo se dá em duas temperaturas diferentes, o carvão ativado a 600°C é direcionado à primeira unidade de tratamento e o carvão ativado a 800°C é direcionado à segunda unidade de tratamento. De acordo com DOS SANTOS (2014), a ativação física do carvão utiliza um fluxo de gás oxidante provocando uma eliminação de átomos de carbono da matriz carbonosa, na qual dependendo das condições de tempo e da temperatura de ativação ocorre uma expansão



da porosidade do carvão, e essa ativação parte de tratamentos térmicos que geralmente utilizam temperaturas que variam de 700°C a 1000°C.

Diante da demanda especificada anteriormente de 824.892,0 Kg de carvão por unidade de tratamento para confecção das placas do leito fixo é importante após a pirólise realizar a caracterização do carvão produzido e mediante análise do tempo de saturação de cada placa, determinar uma escala de produção para o carvão de bagaço de cana-de-açúcar. Para a caracterização desse carvão podemos utilizar o método Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), que é uma técnica onde um feixe de elétrons se encontra com os minerais, e com esse encontro provoca o surgimento de elétrons secundários. Como vantagens do método MEV se destaca a facilidade e a rapidez para preparar as amostras, e como desvantagem, o método apresenta limitações de análises quando o número atômico for menor que 4. (DUARTE L. C.; JUCHEM P. L.; PULZ G. M.; BRUM T. M. M.; CHODUR N.; LICCARDO A.; FISCHER A. C.; ACAUAN R. B., 2003).

Após as etapas de purificação são necessárias análises para caracterização do efluente gerado, são elas Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO); Demanda química de oxigênio (DQO); carbono orgânico total (COT); potencial hidrogeniônico (pH); cor e turbidez.

Em relação aos trabalhos pesquisados sobre a aplicação de carvão ativado feito do bagaço da cana-de-açúcar para tratar a vinhaça, observou-se a obtenção de resultados muito favoráveis, nos quais houve uma eficiência de aproximadamente 100% na remoção de COT, cor, DQO e DBO, e o carvão ativado conseguiu adsorver os contaminantes em uma temperatura constante após o primeiro contato, em um tempo de 5 horas (LIMA, 2013). É importante salientar que se faz necessária uma prévia caracterização destes valores para a vinhaça *in natura*, antes do início do tratamento para comprovar a eficiência do método.

Como sugestão para os resíduos sólidos gerados em cada uma das unidades de processo, indica-se que seja feita uma caracterização criteriosa a fim de identificar possíveis nutrientes para o solo, e eventuais contaminantes a fim de destiná-lo para fertilização. Sugere-se também que o carvão saturado, que não se pode mais reciclar seja direcionado à caldeira para obtenção de energia térmica,

A água residual obtida pode ser designada para outras unidades de processo, possibilitando redução no volume captação de água e sustentabilidade na produção.



#### 4. CONCLUSÃO

Por meio dos textos estudados notou-se que a implantação do sistema de tratamento de vinhaça é muito importante para o meio ambiente, pois o carvão é eficiente e consegue reter os contaminantes dos efluentes evitando a contaminação do solo.

Assim, conclui-se então em aspectos técnicos e operacionais que é viável a implantação desse sistema na indústria por ter material suficiente disposto na mesma, permitindo que o carvão possa ser reutilizado antes do seu ponto de saturação, outra vantagem é que o carvão pode ser reutilizado após tratamento de limpeza específico, levando à economia de materiais, tempo e energia, sendo possível enxergar que há potenciais futuros de retorno econômico.

Para dar continuidade nesse estudo, sugere-se:

- A realização do balanço de massa da unidade de purificação da vinhaça;
- A análise de aspectos econômicos da implantação do projeto;
- Outras sugestões de destinação final a ser dado para o carvão ativado após detectada incapacidade de retenção.



## REFERÊNCIA

ABREU, Marcela Breves de. **Preparação de carvão ativado de bagaço de cana-de-açúcar e sua aplicação na adsorção de Cd (II) e Cu (II)**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

BRANDÃO, P. C., et al. **Avaliação do uso do bagaço de cana como adsorvente para a remoção de contaminantes, derivados do petróleo, de efluentes**. 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. (2018). Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1graos\\_08.09.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1graos_08.09.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2019.

DO NASCIMENTO, R. F. et al. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Biblioteca de Ciências e Tecnologia. 2014.

DOS SANTOS, Liliana Duarte. **Remoção de íons Zn<sup>2+</sup> por adsorção em carvão ativado em batelada e processo contínuo**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2014.

DUARTE, L. D. C., JUCHEM, P. L., PULZ, G. M., BRUM, T. M. M. D., CHODUR, N. L., LICCARDO, A., & ACAUAN, R. B. (2003). **Aplicações de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e sistema de energia dispersiva (EDS) no estudo de gemas exemplos brasileiros**. Pesquisas em Geociências. Porto Alegre, RS. Vol. 30, n. 2 (2003), p. 3-15.

FANGMEIER, Michele; HOEHNE, Lucélia. **Avaliação de carvão ativado e de sílica como adsorventes para amostras com corantes e com sódio**. Revista Destaques Acadêmicos, v. 4, n. 4, 2012.

GONÇALVES, G. C., MENDES, E. S., PEREIRA, N. C., & DE SOUSA, J. C. (2006). **Produção de carvão ativado a partir de bagaço e melaço de cana-de-açúcar**. Acta Scientiarum. Technology, 28(1), 21-27.

JORGE, I. R.; TAVARES, F. P.; SANTOS, K. G. **Remoção do corante azul de metileno no tratamento de efluentes por adsorção em bagaço de cana de açúcar**. Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 2, n. 1, p. 491-500, 2015.



LIMA, H. H. S. et al. **Tratamento físico-químico da vinhaça por coagulação e adsorção em carvão ativado do bagaço da cana de açúcar.** Dissertação de pós-graduação. Universidade Federal da Paraíba. 2013.

MACHADO, Larisse Maria De Oliveira. **Estudo da regeneração com NAOH em carvão ativado saturado utilizado no tratamento de efluentes de refinaria de petróleo.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.

MORAIS, V. L. M., ALSINA, O. L. S., & GOMES, W. C. (2007). 4. **Utilização do bagaço de cana-de-açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos.** Revista eletrônica de Materiais e processos, 2(1).

SCHEER, Agnes de Paula. **Desenvolvimento de um sistema para simulação e otimização do processo de adsorção para avaliação da separação de misturas líquidas.** Campinas, 2002, p 1–64 Tese (doutorado)–Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP.

SEIXAS, F. L.; GIMENES, M. L.; FERNANDES-MACHADO, N. R. C. **Tratamento da vinhaça por adsorção em carvão de bagaço de cana-de-açúcar.** Química Nova, v. 39, n. 2, p. 172-179, 2016.

SILVA, D. C., CARDOSO, S. B. D. O., HERRERA, V. É., DETREGIACHI FILHO, É., & ANDRADE, K. A. D. **Aplicação da ferramenta OEE em um equipamento de produção de confeitos de chocolate.** 2014.

SOUSA, Victor Gonçalves. **Alternativas para valorização da vinhaça.** 2018. 36f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

STAPE, Glauco Joubert. **Dimensionamento prévio de um projeto industrial para o processamento de 1.000 toneladas diárias de bagaço de cana-de-açúcar destinado à produção de polpa celulósica pelo processo soda.** Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2013.