



Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB

TRATAMENTO FÍSICO QUÍMICO DA VINHAÇA COM USO DE CARVÃO ATIVADO DO BAGAÇO DA CANA DE AÇÚCAR

Hebert Henrique Souza **LIMA**¹; Alexandre Freire **BEZERRA**²; Elisangela Garcia Santos **RODRIGUES**¹; Emerson Freitas **JAGUARIBE**²; Rennio Felix de **SENA**^{1,2}

1- Programa de Pós Graduação Engenharia Urbana e Ambiental-Universidade Federal da Paraíba- Campus 01; - CEP: 58051-900 – João Pessoa – PB – Brasil ; (83) 8787-3358 - Email: hebert_ltm@hotmail.com ; rennio@ct.ufpb.br

2- Universidade Federal da Paraíba, Laboratório de Carvão Ativado- Campus 01; - CEP: 58051-900 – João Pessoa – PB – Brasil. – E-mail: emerson@ct.ufpb.br

RESUMO

As indústrias sucroalcooleiras se caracterizam por grande demanda de água, e geram volumes proporcionais de resíduos a serem descartados. No processo da cadeia produtiva do etanol, a vinhaça surge como um efluente, ou seja, para cada litro de etanol produzido são gerados 15 litros de vinhaça, sendo caracterizada como um efluente de elevado poder poluente, cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico. Seu potencial poluidor decorre da sua riqueza em matéria orgânica, baixo pH, elevada corrosividade e altos valores de demanda química de oxigênio (DQO). Neste trabalho o objetivo foi caracterizar a vinhaça “in natura” e a utilização de diversos coagulantes como $FeCl_3$, Al_2SO_4 e CaO com o intuito de tratar preliminarmente a vinhaça. Após o processo de coagulação/floculação, analisado em função da concentração dos coagulantes, o tratamento com carvão ativado produzido a partir do bagaço de cana também foi estudado. A eficiência do tratamento foi quantificado em termos de remoção de DQO, DBO_5 , sólidos totais, cor e turbidez. Os resultados experimentais mostraram que o processo de coagulação/floculação com concentração de coagulante de 10 g/l remove uma quantidade significativa de carga orgânica, cor e turbidez. A etapa subsequente com o tratamento do carvão ativado completa satisfatoriamente a purificação da vinhaça, gerando eficiência de remoção superior a 90% para a DQO, e 99% para cor e turbidez.

PALAVRAS CHAVE: Vinhaça, Carvão Ativado, Adsorção, Coagulação/Floculação



Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB

1 INTRODUÇÃO

A vinhaça é um subproduto da indústria sucroalcooleira resultante da produção do etanol. Inicialmente, têm-se os mostos que são os líquidos susceptíveis à fermentação, uma vez fermentados passam a constituir os vinhos. Destilando-se os vinhos, recupera-se o álcool produzido pela fermentação alcoólica na forma de um líquido alcoólico denominado flegma, de concentração variável, restando um resíduo que é a vinhaça (LONGO, 1994).

Segundo Glória (1984 apud LELIS NETO, 2008) a composição da vinhaça varia muito também de acordo com a composição da matéria-prima, do preparo do mosto, da fermentação adotada e da condução da fermentação alcoólica, do tipo de levedura utilizada, do tipo de aparelho usado para destilar, como ocorre a destilação e do tipo de flegma separado.

A vinhaça é conhecida pelos nomes vinhoto, calda, tiborna, restilo, garapão, vinhote, caxixi e mosto, a vinhaça é o principal efluente das destilarias de álcool, resultando na proporção entre 10 a 15 litros por litro de álcool produzido. A composição varia em função da natureza da matéria prima e operação dos aparelhos de destilação (STUPIELLO, 1987; BUZOLIN, 1997; CORTEZ; MAGALHÃES; HAPP, 1992).

Este efluente é um líquido turvo com odor característico, sendo sua coloração variável do amarelo âmbar ao pardo escuro, dependendo de sua origem e do teor de matéria orgânica presente (NASCIMENTO, 2003). A vinhaça é constituída de diversos componentes químicos como carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, zinco, cobre e manganês, entre outros, porém a quantidade de cada um em sua composição varia muito, geralmente o conteúdo orgânico da vinhaça é equivalente a uma demanda de oxigênio biológico (DBO5) na ordem de 12 –



Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB

60 g/l, e uma demanda química de oxigênio (DQO) de 20–100 g/l (WILKIE, RIEDESEL E OWENS, 2000).

A relação de quase metade de toda DQO presente na vinhaça é constituída de matéria orgânica biodegradável, este é um dado importante, pois indica o potencial poluidor deste resíduo e uma possibilidade de tratamento para remoção desta parcela de contaminante presente na vinhaça.

Com o intuito de remover e/ou diminuir as concentrações dos contaminantes presentes na vinhaça, principalmente a carga orgânica, surge a necessidade de se estudar alguns coagulantes e tratamentos que possibilitem a remoção de poluentes a fim de proporcionar alternativas seguras e economicamente viáveis de reuso, sendo para tanto, o carvão ativado uma alternativa de baixo custo e eficaz de devolver a indústria uma vinhaça tratada.

Os carvões ativados são materiais carbonosos porosos que apresentam uma forma microcristalina, não gráfica, que sofreram um processamento térmico (pirólise) para remoção da matéria orgânica presente nos precursores e aumentar a porosidade interna. Uma vez ativado, após o processo inicial de pirólise, utilizando-se para tanto reagentes químicos como ácidos e/ou vapor d'água, esses carvões ativados apresentam uma porosidade interna comparável a uma rede de túneis que se bifurcam em canais menores, que continuam a penetrar nos poros sucessivamente. Esta porosidade diferenciada é classificada segundo o tamanho em macro, meso e microporosidade. Os precursores mais utilizados são cascas de coco, de arroz, de nozes, carvões minerais (antracita, betuminoso, linhito), madeiras, entre outros materiais carbonáceos, incluindo o bagaço de cana-de-açúcar, este último foi utilizado devido participar da cadeia produtiva da indústria sucroenergética.



Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB

2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização da vinhaça

Vinhaça que foi utilizado no presente trabalho foi analisada e os parâmetros físico-químicos realizados foram feitas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

2.2 Material e Métodos

A vinhaça usada foi adquirida com a Usina de Açúcar e Alcool, localizada na Paraíba, coletada e em seguida a vinhaça foi armazenada e seu acondicionamento sob refrigeração a -4°C .

A metodologia deste estudo consiste em analisar o efluente bruto, após a coagulação/floculação e decantação e após a adsorção com carvão ativado. Realizaram-se análises em cada etapa de tratamento para obter parâmetros comparativos no processo de clarificação. Os parâmetros para verificação de eficiência do tratamento desses efluentes industriais foram os seguintes: DQO (Demanda Química de Oxigênio), pH, Turbidez, Cor.

As amostras in natura foram analisadas para determinação de suas características físico-químicas e em seguida foi submetidas ao processo laboratorial de tratamento utilizando o aparelho de Jar-test (teste dos jarros), a velocidade de agitação é controlada por um variador de voltagem, sendo acompanhada por meio de um tacômetro.

Os coagulantes utilizados neste estudo foi FeCl_3 , Al_2SO_4 e CaO Foram preparadas soluções de hidróxido de sódio e ácido sulfúrico com concentração 1M usando hidróxido de sódio (Merck, AR) e ácido sulfúrico



Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB

concentrado (Merck, AR), respectivamente, e água destilada. Estas soluções foram usadas para ajustar o pH em as amostras de vinhaça.

Essas amostras foram submetidas ao processo de adsorção com carvão ativado produzido apartir do bagaço de cana.

Figura 1 - As matérias-primas - bagaço de cana-de-açúcar



Este precursor passou pelo tratamento ácido e logo após a impregnação utilizando como agente ativante o ácido fosfórico H_3PO_4 , em uma chapa aquecida a $80\text{ }^{\circ}C$, durante 40 minutos sob agitação. Combinou-se os dois métodos de ativação química e física para melhorar as características do carvão ativado, então estes foram analisados em relação aos parâmetros físicos químicos (rendimento, Análise Térmica, Área superficial, tamanho e volume dos poros).

Os carvões ativados do bagaço de cana foram lavados e depois foram postos na estufa, os mesmos foram abrigados no dessecador. Depois de algum tempo no dessecador foram pesados aproximadamente 2g de carvão em cada Erlenmeyer foram colocadas 100ml da vinhaça clarificada (após a coagulação/floculação e Decantação) foram deixados no Banho-maria com agitação e temperatura constante de $30^{\circ}C$, após um tempo foi analisado novamente os parâmetros : DQO, (Demanda Química de Oxigênio), ph, Turbidez, Cor.



Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela abaixo se encontram os valores das análises realizadas com as amostras da vinhaça in natura. De acordo com a caracterização da vinhaça de cada coleta foi possível perceber que algumas características são similares, indicando que o processo de produção de etanol e açúcar e a qualidade da cana-de-açúcar utilizado ao longo da safra se mantiveram estáveis.

Quadro 1 – Análises vinhaça In Natura

Parâmetros	Vinhaça In Natura	
	Coleta 01	Coleta 02
<i>pH</i>	4,34	4,40
<i>Turbidez (NTU)</i>	>3000	>5000
<i>DQO (mg/l)</i>	46.752	48.698
<i>Cor</i>	>30.000	> 40.000

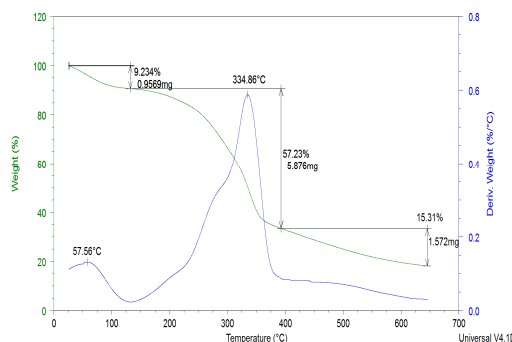
De acordo com os resultados apresentados na tabela acima podemos observar o alto teor de matéria orgânica presente neste efluente, evidenciando a importância de buscar um tratamento que seja eficaz para a remoção da matéria orgânica, com o intuito de fazer o reuso na indústria.



Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB

Características Físico-Químicas do Carvão Ativado

Figura 1 - Análise Termogravimétrica do bagaço



Pode-se observar a presença de dois estágios de perda de massa. O primeiro, que ocorre a temperaturas inferiores a 100 °C sendo relacionado à perda de umidade. O segundo estágio, entre 200 e 400 °C, com temperatura de máxima em cerca de 335 °C, onde já representa uma perda de massa de 66%, esse segundo estágio é atribuído a decomposição dos componentes orgânicos (celulose, lignina e hemicelulose). Sabendo que lignina e a hemicelulose começam a decompor em temperaturas mais baixas do que a celulose, sendo que a decomposição da lignina apresenta uma escala de temperatura longa.

Tratamento físico-químico - Processo de coagulação da vinhaça

Os ensaios foram realizados com a adição do coagulante em concentrações diferentes (5, 10,15 g/l) até que fosse observado visualmente a formação de flocos. Como o objetivo deste trabalho é avaliar o processo de



Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB

coagulação/floculação optou-se em trabalhar no pH ótimo de coagulação para cada tipo de coagulante.

Nos Quadros 1,2 e 3 encontram-se os valores das análises de demanda química de oxigênio, turbidez, cor, pH nas fases de tratamento, in natura, após Jar-Test, após a adsorção em carvão realizadas com as amostras com concentração de 10g/l de coagulante.

Quadro 2 – Análises da Vinhaça – Coagulante CaO

<i>Etapas do Tratamento</i>	pH	Turbidez (NTU)	DQO (mg/l)	Cor
<i>In Natura</i>	4,40	>3000	46.752	>30.000
<i>Após Jar-test</i>	12,19	25,0	8.750	700
<i>Após Carvão Ativo</i>	12,00	1,5	360	50

Quadro 3 – Análises da Vinhaça – Coagulante Al₂SO₄

<i>Etapas do Tratamento</i>	pH	Turbidez (NTU)	DQO (mg/l)	Cor
<i>In Natura</i>	4,40	>3000	46.752	30.000
<i>Após Jar-test</i>	6,3	25,37	8.345	200
<i>Após Carvão Ativo</i>	6,0	1,4	339	30

Quadro 4 – Análises da Vinhaça – Coagulante FeCl₃

<i>Etapas do Tratamento</i>	pH	Turbidez (NTU)	DQO (mg/l)	Cor
<i>In Natura</i>	4,40	>3000	46.752	>30.000
<i>Após Jar-test</i>	9,8	18,47	5.551	700
<i>Após Carvão Ativo</i>	9,0	6,5	239	30

Comparando os resultados apresentados nas tabelas acima os parâmetros, cor, turbidez e DQO, das amostras após o jar-test sofreu um redução considerável, em todos os parâmetros em torno de 80%. Com a adsorção em carvão ativado pode-se reduzir ainda mais os parâmetros atingindo uma porcentagem maior que 90% em remoção de contaminantes orgânicos presente na vinhaça, chegando a eliminar completamente, o odor



Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB

característico do efluente bem como os parâmetros de cor e turbidez chegando em torno de 99% de remoção.

Figura 2 - Amostras da vinhaça -: in natura, após jar-test, filtração em carvão ativado



Foto - Própria (2012)

Através da Figura 2 podemos observar uma clarificação maior em relação à adsorção com o carvão ativado, comprovando os resultados anteriores. Verifica-se que mesmo utilizando coagulantes com características diferentes entre si, conseguir-se chegar a resultados semelhantes, principalmente em relação à cor, DQO, turbidez. Isto torna-se importante pois existe a possibilidade de implantar este tratamento estudado com maior eficiência.

4 CONCLUSÃO

No presente estudo, procurou-se estudar a possibilidade de aproveitar a vinhaça após o tratamento, para reúso, como um sistema alternativo.

Pelos dados obtidos nos ensaios, ficou evidente que o carvão Ativado produzido a partir do bagaço de cana apresentou os melhores resultados em todos os parâmetros analisados, destacando-se os valores obtidos em



Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB

relação à cor e o odor, que são de fundamental importância para a viabilização da reutilização do efluente.

REFERÊNCIAS

WILKIE, A. C.; RIEDESEL, K. J.; OWENS, J. **Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks.** Biomass and Bioenergy, 2000. p63-102

LONGO, Regina M. **Efeito da vinhaça in natura e biodigerida em propriedades de um solo cultivado com cana-de-açúcar.** 1994. 111f. Dissertação (Mestrado) – Programa de PósGraduação em Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, Campinas, SP, 1994.

NASCIMENTO, Cristine L. do. **Avaliação econômica do aproveitamento do vinhoto concentrado como fertilizante.** 2003. 87f. Dissertação (Mestrado) – Programa de PósGraduação em Ciências de Engenharia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, RJ, 2003.

LELIS NETO, João A. **Monitoramento de componentes químicos da vinhaça aplicados em diferentes tipos de solo.** 2008. 89f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de São Paulo, SP, 2008

SUTUPIELLO, J. P. **A cana-de-açúcar como matéria-prima.** In: PARANHOS, SB. Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. São Paulo: Fundação Cargil. v. 2, cap. 7, p.761-804, 2006

CORTEZ, L. A.; MAGALHÃES, P. S. G.; HAPP, J. **Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização.** Revista brasileira de Energia, v.2, n.2, p. 111-146, 2002.