



REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS GERADOS PELA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA

T. S. NUNES¹, J. R. D. FINZER²

^{1,2} Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Química

RESUMO – *A composição química da vinhaça é bastante variável, depende da sua matéria prima entre outros aspectos. A vinhaça proveniente de mosto de melaço (mel residual da fabricação do açúcar) é, em geral, mais rica em matéria orgânica e elementos minerais que a de mosto misto (melaço e caldo de cana) e do mosto de caldo de cana. O potássio é o elemento mineral predominante na vinhaça, seguido de cálcio, sulfatos, nitrogênio, fósforo e magnésio. A torta de filtro é um resíduo composto da mistura de bagaço moído e lodo da decantação, sendo proveniente do processo de clarificação do açúcar. Existe uma crescente necessidade de cogeração de energia, para o qual o bagaço da cana-de-açúcar é uma excelente alternativa. Neste trabalho foram abordados alguns resíduos que são reaproveitados pela indústria sucroalcooleira como uma alternativa evitando a contaminação do meio ambiente trazendo lucros para a empresa evitando os desperdícios. O resultado encontrado na análise realizada na pol do bagaço foi de 1,8 % estando dentro dos parâmetros que são de 1,5 a 2,3 %, , mas para reduzir a perda será necessário aumentar a vazão de água nas moendas. O resultado da pol da torta de filtro na avaliação deste trabalho foi de 1,4 %, estando acima do parâmetro que é de <1 % estando um pouco acima dos parâmetros desejados será necessário aumentar a vazão de água nos filtros. O resultado encontrado de potássio na vinhaça foi 1,73 %, e cálculos identificam a quantidade de vinhaça que deve ser irrigada em determinada área.*

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho foram abordados alguns resíduos que são reaproveitados pela indústria sucroalcooleira como uma alternativa evitando a contaminação do meio ambiente trazendo lucros para a empresa e evitando os desperdícios. O objetivo do trabalho é descrever um resultado de análise do reaproveitamento destes resíduos pela indústria.

1.1. VINHAÇA

A composição química da vinhaça é bastante variável, depende da matéria-prima entre outros aspectos. A vinhaça proveniente de mosto de melaço (mel residual da fabricação do açúcar) é, em geral, mais rica em matéria orgânica e elementos minerais que a de mosto misto (melaço e caldo de cana) e do mosto de caldo de cana. O potássio é o elemento mineral predominante na vinhaça,



seguido de cálcio, sulfatos, nitrogênio, fósforo e magnésio. Em relação aos micronutrientes, o ferro aparece em maior concentração, seguido do manganês, cobre e zinco em pequenas concentrações (Silva, 1981).

O potássio (K), seguido pelo nitrogênio (N), são os nutrientes mais absorvidos pela cana-de-açúcar, tendo efeitos positivos na altura das plantas, perfilhamento e na produção de colmos de cana-de-açúcar (OTTO, 2010). O potássio permite que a planta tenha um uso mais eficiente da água presente no solo, pois ele influencia no fechamento e abertura dos estômatos, havendo uma maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para outros órgãos da planta, tendo uma maior eficiência enzimática, melhorando a qualidade comercial das plantas (Elia, 2009).

Devido à grande concentração de matéria orgânica, potássio, enxofre e outros elementos benéficos à nutrição de plantas, contidos na vinhaça, o uso agrícola desse resíduo como biofertilizante é indiscutível. A vinhaça pode ser armazenada por um longo período, pois adquire uma estabilização biológica, podendo ser aplicada na lavoura quando necessário (Dalri, 2014).

A vinhaça é o produto de calda na destilação do licor de fermentação do álcool de cana-de-açúcar; é líquido residual, também conhecido, regionalmente, por restilo e vinhoto. É produzida em muitos países do mundo como subproduto da produção de álcool; tendo em vista ser a matéria-prima diversificada (cana-de-açúcar na América do Sul, beterraba na Europa), a vinhaça apresenta diferentes propriedades. A concentração de sódio na vinhaça de cana-de-açúcar é menor que na de beterraba e elevados valores desse íon são indesejáveis já que podem causar condições nocivas ao solo e às plantas (Gemtos et al., 1999).

1.2. TORTA DE FILTRO

A torta de filtro é um resíduo composto da mistura de bagaço moído e lodo da decantação, sendo proveniente do processo de clarificação do açúcar. Neste processo, o caldo aquecido passa pela sulfitação e recebe uma solução de hidróxido de cálcio, favorecendo a elevação do pH e possibilitando a floculação das substâncias orgânicas coloidais. O caldo, clarificado e limpo, é evaporado para produzir o açúcar, e o lodo, formado pelos compostos insolúveis após um período de decantação, segue para filtração a vácuo, onde é recuperada a sacarose ainda existente. Ao lodo, mistura-se bagaço de cana finamente moído para permitir a consistência apropriada para a filtração a vácuo, que dá origem à torta de filtro (Santos, 2011).

A torta de filtro, tem composição química variável e apresenta altos teores de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio, cálcio e possui, ainda, teores consideráveis de potássio, magnésio (Nunes Júnior, 2005), e expressivas quantidades de Fe, Mn, Zn e Cu (Cerri et al., 1988). Uma dose de 20 t ha⁻¹ de torta de filtro na base úmida ou 5 t ha⁻¹ na base seca (M.S.) pode fornecer para as necessidades da cana-de-açúcar: 100% do nitrogênio, 50% de fósforo, 15% de potássio, 100% de cálcio e 50% de magnésio (Nunes Júnior, 2005) e pode ser aplicada em área total em pré-plantio, no sulco ou nas entrelinhas de plantio. Nunes Júnior (1999) acrescenta que não é necessário incorporar a torta de filtro quando a cana é colhida sem despalha a fogo. Entretanto, existem poucos estudos sobre a quantidade e forma de aplicação desse resíduo em cana-soca (Medeiros et al., 2003).



1.3. BAGAÇO

De acordo com Lopes e Brito (2009), a cogeração de energia tem como objetivo reforçar a importância do conceito de cogerar, que leva a pensar que muitas coisas descartáveis e inutilizáveis podem ser reutilizadas como fontes renováveis chegando até 100% de aproveitamento.

Nos meses de seca, por exemplo, usando-se o sistema de cogeração de energia na queima do bagaço de cana-de-açúcar, pode haver um equilíbrio na natureza. Como geralmente a energia elétrica usada vem das águas, na seca são necessárias alternativas para geração de energia elétrica para que não haja um apagão, igual ao acontecido em 2002 no Brasil, e também para não afetar o meio ambiente.

Vian (2003) afirma que existe uma crescente necessidade de cogeração de energia, para o qual o bagaço da cana-de-açúcar é uma excelente alternativa. Em face de um mercado mais competitivo, algumas usinas buscam novos caminhos para garantir a remuneração do capital investido, com o aumento da produtividade das unidades industriais. Essas empresas investiram na automação industrial, o qual é um controle automático dos processos, ou seja, o que era feito manualmente passa a ser feito automaticamente por uso de *softwares* e equipamentos modernos, visando a melhoria contínua dos processos e evitando perdas. Esse tipo de melhoria é fundamental para o aproveitamento do bagaço de cana utilizado na cogeração de energia elétrica.

Após a extração do caldo resta ainda no bagaço úmido cerca de 2 a 3% de açúcar que, devido ao alto teor de umidade e à ação microbiana, sofre fermentação, um processo exotérmico, provocando sua deterioração e afetando diretamente suas características, o que, muitas vezes, provoca combustões espontâneas e indesejadas. Essa deterioração é causada, principalmente, por fungos pertencentes à classe dos Basidiomicetos. Esses fungos dividem-se naqueles que causam a podridão parda, destruindo os polissacarídeos da parede celular (hemicelulose e celulose) e os que causam a podridão branca que, além de polissacarídeos, destroem também a lignina (TEIXEIRA, 1997).

2. MATERIAL E MÉTODOS

As Metodologias Analíticas são baseadas nas referências bibliográficas da literatura técnica açucareira, nos órgãos de pesquisa do setor açucareiro, nas entidades de normalização, em métodos próprios e ainda em órgãos governamentais de controle de qualidade em alimentos e métodos de clientes.

Os métodos próprios são todos aqueles desenvolvidos internamente na empresa e que fazem parte da rotina do controle de qualidade ao longo dos anos de operação da empresa, a seguir indicam-se os métodos analíticos aplicados a algumas amostras mostrando a quantidade de perdas de açúcar nos resíduos e de outros componentes.

2.1. DETERMINAÇÃO DA POL DO BAGAÇO FINAL

Um amostrador contínuo está localizado na Moenda na esteira da saída do bagaço do último terno; Procedimento: Coletar amostra com um saco plástico limpo e seco; Amostra padronizada é



obtida de 15 em 15 minutos pelo sistema de amostragem do amostrador; 1 vez por semana, adicionar algodão seco e limpo na parte inferior do amostrador; Com auxílio de pisseta adicionar 50 mL de hidróxido de amônio; A análise é realizada de 2 em 2 horas por cada turno.

Tarar a Balança Semi-analítica com a bacia; Pesar 200 g do bagaço; Transferir para o copo do Digestor e adicionar 2000 mL de água destilada; Acoplar ao Digestor e deixar digerindo por 15 minutos com resfriamento externo; Desligar e retirar o copo de Digestor; Filtrar o caldo em funil de tela sobre um becker; Colocar em béquer 200 mL do caldo, adicionar aproximadamente 0,8 g de octapol e agitar com auxílio de um bastão de vidro; Filtrar em papel de filtro qualitativo dobrado em pregas, colocar o funil sobre o béquer e desprezar os primeiros 20 mL do filtrado; Fazer a leitura sacarimétrica, enchendo o tubo do sacarímetro com três porções da solução. Utilizando a Equação (1), obtém-se o pol do bagaço.

$$\text{Pol \%} = \text{Leitura Sacarimétrica} \cdot 2,74 \quad (1)$$

2.2. DETERMINAÇÃO DE POL EM TORTA DE FILTRO

Pesar 25,0 g (+/-0,03g) de torta de filtro em bequer 250 mL, adicionar aproximadamente 50 mL de água deionizada morna (35- 40°C); Com auxílio de bastão de vidro, macerar a amostra transformando-a numa pasta; Transferir quantitativamente a pasta formada, contida na cápsula de pesagem, para um balão de Kohlrauch de 200 mL, lavando bem o Becker e o bastão com água destilada durante a transferência e completar o volume com água deionizada; Homogeneizar; Transferir o conteúdo do balão de Kohlrauch para um béquer de 500 mL; Adicionar no mínimo 6 g de Octapol para cada 200 mL de extrato e agitar bem (agitador magnético ou *mixer*) para realizar a clarificação da amostra; Filtrar o conteúdo do béquer em funil com papel de filtro, qualitativo dobrado em pregas recebendo o filtrado em um béquer de 250 mL, desprezando aproximadamente 20 mL do filtrado obtido no início da filtração, até obtenção de no mínimo 100 mL de filtrado; Passar 2 porções de aproximadamente 30 mL do filtrado límpido no sacarímetro, com tubo de polarização de 200 mm, para retirada de água/amostra presente no tubo; Passar a terceira porção de mesmo volume no sacarímetro e realizar a leitura sacarimétrica fornecida pelo equipamento. A Equação 2, permite calcular a pol da torta de filtro, expressando os resultados em °Z (Internacional Sugar Scale).

$$\text{POL da Torta de Filtro} = \text{Leitura Sacarimétrica} \cdot 2 \quad (2)$$

2.3. DETERMINAÇÃO DE POTÁSSIO EM VINHAÇA

Ligar o aparelho 20 minutos antes da realização da análise; Zerar com água destilada; Calibrar com solução Padrão de Cloreto de Potássio 30 ppm; Checar com solução Padrão de Cloreto de Potássio 25 ppm.

Pesar 2,5 mL da amostra em béquer de vidro; Transferir para um erlenmeyer de 25 mL; Adicionar 0,2g de carvão ativado; Com auxílio de pipeta volumétrica adicionar 50 mL de água destilada; Levar à chapa aquecedora e marcar 5 minutos após a amostra iniciar fervura; Esfriar a amostra em banho de água corrente ou banho Maria a 20°C; Transferir a amostra para um balão de



250 mL e completar o volume com água destilada; Filtrar a amostra em papel de filtro qualitativo; Realizar leitura da amostra em Fotômetro de chama; Anotar o valor obtido e usar a Equação (3) para obter o resultado final expresso em porcentagem (%) ou ppm.

$$\text{ppm de potássio} = \text{Leitura do Fotômetro} \cdot \text{fator} \quad (3)$$

Onde: **Fator:** volume final da diluição / volume da amostra

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As atividades executadas no laboratório devem ter a temperatura ambiente situada em $21,5 \pm 3,5^\circ \text{C}$ e a umidade relativa são consideradas como um parâmetro de conforto térmico e não especificação de análises devendo ser no mínimo 40 %. O laboratório deve manter condições apropriadas de limpeza e organizações. Utilizar todos os EPIs e EPCs necessários como luva, pois o hidróxido de amônio é irritante ao tecido orgânico, e realizar o manuseio do mesmo no laboratório industrial na capela de exaustão.

Em um ensaio o resultado encontrado na análise realizada na pol do bagaço foi de 1,8 % estando dentro dos parâmetros que são de 1,5 a 2,3 % adotados pela empresa.

O resultado da pol da torta de filtro foi de 1,4 %, estando acima do parâmetro que é de <1 %.

O resultado encontrado de potássio na vinhaça foi 1,73 %.

4. CONCLUSÃO

Potássio: É um macronutriente importante para o processo de fermentação alcoólica. É expresso em ppm de Potássio (K) em uma amostra analisada. Usando o resultado obtido de 1,73 %, necessita-se efetuar os cálculos em função da análise do solo para obter a quantidade de vinhaça que será irrigada na área, lembrando que, vinhaça: é o material contendo componentes não destiláveis provenientes da Coluna A de destilação. Pol: É a porcentagem em peso de sacarose aparente contida em uma solução açucarada, determinada pelo desvio provocado pela solução no plano da luz polarizada, a pol do bagaço encontrada de 1,8 %, está dentro dos parâmetros, mas para poder abaixar mais ainda a perda será necessário aumentar a vazão de água nas moendas, e o resultado da pol da torta que foi de 1,4 %, estando um pouco acima dos parâmetros será necessário aumentar a vazão de água nos filtros.

5. REFERÊNCIAS

DALRI, A. B., et al. Fertirrigação com vinhaça concentrada no desenvolvimento da alfaca. **Revista Agrogeoambiental**, v. 6, n. 2 – Agosto, 2014.



ELIA NETO, ANDRÉ. **Uso e reuso de água na indústria canavieira.** Worksop on the impact os new technologies on the sustentability of the sugarcane/Bioethanol production cycle. Campinas, Brasil, 2009.

GEMTOS, T. A.; CHOULIARAS, N.; MARAKIS, S. Vinasse rate, time of application and compaction effect on soil properties and durum wheat crop. Journal of Agriculture and Engineering Research, v.73, n.3, p.283-296, 1999.

OTTO, R.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. de. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1137-1145, 2010.

SILVA, G. M. de A.; ORLANDO FILHO, J. **Caracterização da composição química dos diferentes tipos de vinhaça no Brasil.** PLANALSUCAR, 1981.

VIAN, C. E. F. **Agroindústria Canavieira – Estratégias Competitivas e Modernização.** Átomo, 2003.