

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE CONCENTRADORES DE SÓLIDOS (BRIX): UM ESTUDO DE CASO

Murilo Borges Martins¹
Me. Darlan Marques da Silva²

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar originária principalmente das espécies *Saccharum officinarum* e *Saccharum*, é uma gramínea do setor asiático (REIN, 2013). Foi trazida para o Brasil no período colonial, sendo implantados engenhos por todo território. Mas foi no Nordeste do país que começou a deslanchar a produção e só após 50 anos de dificuldades o Brasil conseguiu enfim monopolizar a produção de cana, fazendo com que assim Portugal e Holanda, para onde era exportado o produto lucrasse com sua comercialização (UDOP, 2012).

A plantação de cana-de-açúcar está se destacando entre as mais cultivadas no ramo de alimentação energético humano (açúcar, garapa, etc.) e animal (volumoso para ração, etc.). Ela destaca-se também por gerar um subsídio que favoreça o mercado econômico, em tempos de crise havendo a alternância do petróleo pelo álcool (GARCIA, 2005).

O álcool tem trazido grandes benefícios por ser um produto de baixa emissão de gás carbônico, ajudando a ter uma menor poluição e conseqüentemente deterioração da atmosfera (BERMANN, 2008). No setor suco energético sempre houve uma grande atividade geradora de subprodutos, como por exemplo, bagaço, fuligem, vinhaça, entre outros. Porém tudo era utilizado de forma não satisfatória e por vezes agredindo o próprio meio onde se cultiva a cana. Com a passagem dos anos foi preciso uma adaptação e reciclagem dos meios de utilização destes subprodutos (CRUZ, 2011).

¹ Acadêmico do curso de Engenharia de Produção pela Universidade de Rio Verde - UNIRV. E-mail: murilo.borges.martins@hotmail.com

² Professor Me do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Rio Verde- Orientador.

Uma aplicação destes produtos é a utilização da vinhaça na área agrícola, que por vezes era descartada de forma errada e contaminava todo o local, agora pode e é utilizada de forma benéfica, bio-irrigando o próprio solo onde está sendo cultivado a cana-de-açúcar (SILVA; GRIEBELER; BORGES 2007).

A vinhaça é um subproduto resultante do final da produção do etanol. Tem uma coloração escura e é proveniente da destilação do caldo fermentado da cana, no qual é apresentado uma grande porção de oxigênio (LELIS NETO, 2008).

Este subproduto é altamente poluente e precisa ser tratado, sua jogada em meio hídrico é proibido. Nos dias de hoje a vinhaça é utilizada para bio-irrigação ou fertirrigação do próprio solo onde é cultivado a cana de açúcar, apesar disso também estar em constante debate por haver controvérsias sobre a possível contaminação de aquíferos subterrâneos (SALOMON, 2007). Existem outros grupos de opções no qual a vinhaça pode ser destinada, como por exemplo: fermentação, evaporação, entre outros (fertirrigação e reciclagem) (CARVALHO; SILVA, 2010).

Diante do exposto sobre a produção de vinhaça e sobre ser considerado um processo crítico e de alto custo para a empresa, este trabalho tem por objetivo o monitoramento da qualidade do Brix (concentrador de sólidos) através de um estudo de caso, haja visto que a empresa relaciona este fator como um dos que mais impactam na produção e concentração da vinhaça.

Por fim, espera-se que seja positiva a implantação dos concentradores de vinhaça e que haja uma carga satisfatória e benéfica tanto para o meio ambiente quanto para o meio econômico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O ETANOL

O etanol é um tipo de produto limpo e renovável, é uma substância pura, originada da biomassa que pode ser obtido a partir de várias matérias primas, como a beterraba, o milho, trigo e a cana-de-açúcar (AQUINO et al., 2014, p.109).

A partir da produção é necessário diferenciar os tipos de etanol, o hidratado e o anidro. O etanol hidratado possui 5% de água em seu volume, já o anidro cerca de 0,5% de água. O hidratado é utilizado no abastecimento de automóveis e já o etanol anidro é usado em uma mistura com a gasolina em cerca de 25% (NOVA CANA, 2016).

O etanol no Brasil se origina principalmente da fermentação da cana-de-açúcar, esta por sua vez é realizada por leveduras (uso de agentes biológicos) que permitem a obtenção do etanol em índices de concentração mais baixos. Este processo faz com que se separe o etanol da água por destilação. Grande parte do etanol, cerca de 80% da produção tem encaminhamento ao uso de carburentes, 5% é encaminhado ao uso alimentar, perfumaria, e 15% para a exportação em geral (BNDES, 2008).

Nas indústrias, o etanol hidratado sai das colunas de destilação, e já o etanol anidro é utilizado usando um tipo de processo extra, que retira a maior parte da água existente (ÚNICA, 2007).

O etanol anidro é utilizado em conjunto com a gasolina A, que é denominada gasolina pura. Esta junção se transforma em gasolina C, que é a única maneira que pode ser comercializada em território nacional para abastecimento de automóveis. Essa mistura é feita nas distribuidoras de combustíveis, portanto elas que são de fato as formuladoras da gasolina C. Já o etanol hidratado é o produto final que chega até o consumidor nos postos de combustíveis, por automóveis FLEX-FUEL ou exclusivamente de etanol (JOSEPH JUNIOR, 2007).

2.2 BIOMASSA E O USO NA PRODUÇÃO DO ETANOL

Biomassa é todo recurso ou matéria orgânica renovável que possa ser utilizada como fonte de energia. Esta matéria pode ser de origem floresta, agrícola (que é a mais utilizada no Brasil) e de rejeitos urbanos (lixo) (AQUINO et al., 2014).

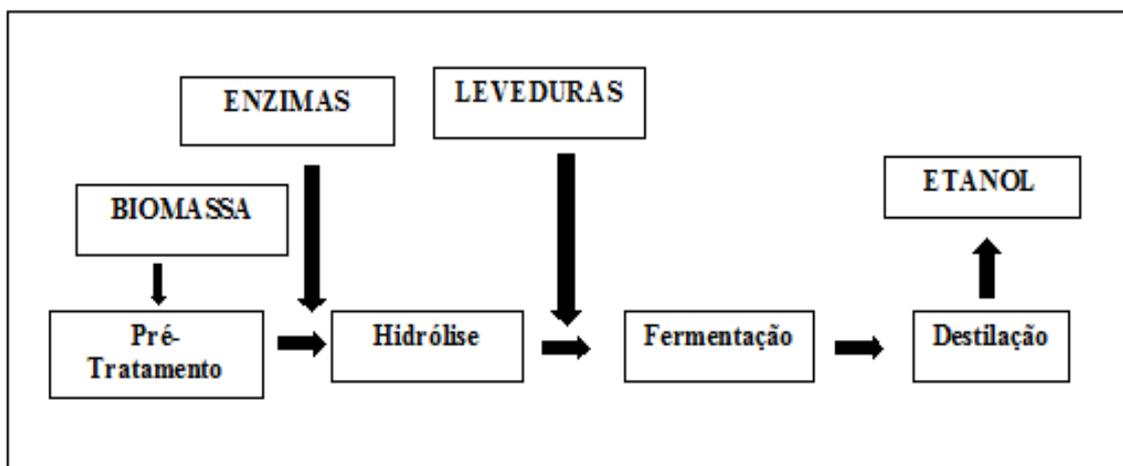
Nas regiões menos favorecidas a biomassa florestal é bastante utilizada, por ser de menor custo benefício, visto que para a produção de energia a partir da biomassa requer uma grande quantidade de matéria para pouco produto final. Geralmente a biomassa florestal (madeira) é mais utilizada para produção de um combustível de usinas de co-geração, chamado de licor negro (ANEEL, 2008).

Já a biomassa usada para a produção de biocombustíveis e/ou energia elétrica em demanda grande é feita de matéria agrícola (milho, beterraba, cana-de-açúcar). A biomassa a partir dessas matérias é obtida pelo processamento dos resíduos das mesmas. A matéria mais utilizada no Brasil é a cana-de-açúcar. Da cana é utilizado o bagaço, a palha e a vinhaça. (ANEEL, 2011).

A partir desse processamento dos resíduos o produto é encaminhado para todo um procedimento, para a produção do etanol (biomassa da cana-de-açúcar) passa por todo um tratamento até chegar na destilaria e se alcançar os dois tipos necessários tanto para a produção de combustíveis (gasolina C, etanol hidratado), produção de perfumarias, carburentes, e também exportação, e também para a produção de energia, geralmente dentro da própria unidade (MAPA, 2005).

A figura 1 destaca os meios para a produção do etanol a partir da Biomassa da cana-de-açúcar. Mostra que a partir da biomassa existe um pré-tratamento, seguido das etapas para a produção do álcool, terminando na destilação, obtendo o resultado final esperado.

FIGURA 1 : BIOMASSA e a produção do ETANOL



Fonte: EMBRAPA (2010).

2.3 O ETANOL E A CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é uma planta de espécie duradoura e que possui várias qualidades. Sua originalidade é de espécie de grama alta, que representa uma das maiores culturas de comércio

do mundo. São aproximadamente cerca de 20 milhões de hectares plantados no mundo e 7 milhões destes estão no Brasil, fazendo com que o país se torne o maior produtor de cana de açúcar do mundo, tendo na totalidade de 42% da produção total (BNDES, 2008, p. 68 e 70).

Quando ocorre a plantação da cana-de-açúcar para fins de produção do etanol, existe um processo longo e intenso. Tudo começa cerca de 3 anos antes, para se conseguir a matéria prima estável. Antes disso ocorre uma análise do local a iniciar a plantação. Deve-se escolher locais que possuam ao menos duas estações bem definidas, uma delas que seja quente e úmida para o desenvolvimento da vegetação e a outra fria e seca para a maturação e o depósito da sacarose nos caules (AQUINO et al., 2014, p. 109).

Depois que a cana-de-açúcar é cultivada, que cresce e ocorre o acúmulo da sacarose ela é sujeita a colheita. Esta ocorre nos períodos posteriores a chuva. Assim que ocorre a colheita, começam os processos para produção do produto (etanol). A partir da extração acontece uma série de fases que são seguidas em ordem para que no final tenha sido obtido um maior número de produto e um menor número de resíduos (GOLDEMBERG, 2006).

Esta ordem ocorre iniciando pela extração, seguida pela fermentação e destilação. Assim que a cana chega a unidade agroindustrial é processada o mais rápido possível, para que seja evitado qualquer tipo de contaminação e/ou degradação. Depois é encaminhada para o setor de lavagem, no qual é submetida a retirada de poeira, terra e qualquer impureza, e depois é picada para melhor moagem (MEZAROBA; MENEGUETTI; GROFF 2010).

Logo após a lavagem, a cana é encaminhada para moagem. Nesta etapa ocorre a trituração da cana, fazendo com que assim seja produzido um líquido que é chamado de melado. A partir deste líquido é dada continuidade na produção do etanol. Da cana que é triturada, cerca de 70% vira o caldo (ou melado), e os 30% são reduzidos em bagaço. Este bagaço também é reaproveitado, pode e é na maioria das vezes utilizado na geração de energia da própria usina (ANDRADE; CASTRO, 2006).

Depois que extraído o caldo é encaminhado para o tratamento, no qual é peneirado para a retirada de qualquer impureza e depois é tratado com usos de agentes químicos que tem a função de coagular parte das matérias, adiantar as impurezas e modificar o pH (CASTRO, 2001).

Posteriormente esse caldo é evaporado para que o teor de concentração do xarope fique em um BRIX ideal. Durante a evaporação este caldo é aquecido e posteriormente resfriado em uma temperatura bem menor, para que com o choque das temperaturas ocorra a formação do

mosto ou melado. Este mosto possui cerca de 40% de sacarose em sua composição (ANDRADE; CASTRO, 2006).

Segundo LOPES (2009), o melado é diluído em água para atingir um brix entre 18 a 22° e seu ph deve ser de 4,5 a 5, o que facilita no processo de fermentação.

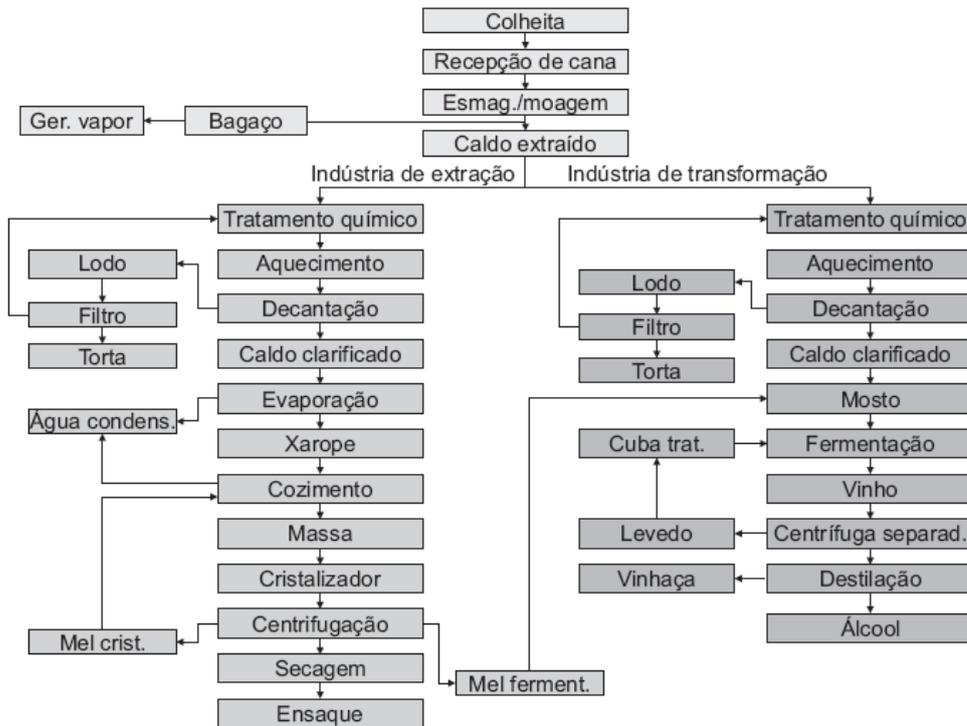
Depois de evaporado o mosto passa pela fermentação. Neste processo ocorre a adição de micro-organismos chamados leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*), esses se alimentam do açúcar presente no mosto, e posteriormente o transformando em gás carbônico e álcool. Essas leveduras tem maior desempenho a cerca de 32 a 34°C (ALCARDE, 2007).

A mistura do mosto com a levedura recebe o nome de vinho bruto. Após ser fermentado este vinho é centrifugado para que seja separado da levedura. Esta retornará para reutilização posteriormente. Esta etapa também pode ser feita através do controle do brix. Quando é alcançado um BRIX de 3 a 8% indica que este vinho bruto está no ponto para destilação (LOPES, 2009).

Na última etapa acontece a destilação, o vinho delevurado com cerca de 10% de álcool irá para a destilação fracionada, no qual esse é separado os sólidos e grande parte da água. Ao final dessa etapa o produto apresenta teor alcoólico de 96% ou 96GL (etanol hidratado). Depois que sai da destilação uma parte desse etanol passa por uma desidratação, que ocorre através da adição de ciclohexano. Essa mistura faz com que seja reduzido quase que totalmente a água deste etanol, restando apenas 0,4% (etanol anidro) (AQUINO et al, 2014).

A Figura (2) a seguir, retrata todo este processo descrito anteriormente, com um pouco mais de detalhe nas etapas do processo.

FIGURA 2 - Fluxograma básico de fabricação de açúcar e álcool (etanol)



Fonte: Adaptado de Elia Neto e Shintaku, 2009.

2.4 QUALIDADE DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS DA CANA

Dentro das usinas sucroalcooleiras são utilizados métodos para que consigam obter uma concentração do subproduto da cana (vinhaça) medido por alguns métodos um deles é % de BRIX. Esse método analisa a quantidade de sólidos solúveis encontrados na vinhaça. Fazendo isto, quanto mais elevado o índice desse BRIX menos água e mais sólidos serão encontradas e isso significará uma redução no volume da vinhaça e consecutivamente o objetivo será alcançado (ISEJIMA; COSTA; SOUZA JUNIOR 2002).

2.4.1 Vinhaça

A vinhaça é um resíduo resultante do processo de fabricação do etanol. Possui um pH ácido (cerca de 4,0 a 4,8), uma coloração mais escura e um odor forte. Geralmente na fabricação do etanol são resultados cerca de 10 a 18 litros de vinhaça para cada 1 litro de etanol. A

composição dessa vinhaça deve variar de acordo com o tipo e estado que se encontre a cana e com os métodos e materiais utilizados no processo (WADT, 2008).

Nas décadas passadas a quantidade de vinhaça produzida não alcançava tamanha proporção como nos dias atuais, mas mesmo assim já despertava uma certa preocupação e interesse por parte dos pesquisadores com a forma em que ela era descartada. Era muito comum existir áreas de sacrifício, nas quais eram depositadas toda vinhaça, essas áreas eram por vezes mananciais, e isso prejudicava mesmo que em pouca quantidade o meio ambiente (CORAZZA, 2001).

A partir de 1975, com o crescimento na indução ao uso do etanol como combustível, a mistura deste etanol com a gasolina (Gasolina C), foram aumentando a fabricação do etanol e assim consecutivamente a formação de mais resíduos. Isso foi se tornando uma grande preocupação socioambiental. As empresas (Usinas) por sua vez começaram a utilizar essa vinhaça para a fertilização do próprio solo, já que constaram que esse resíduo era um rico em potássio, cálcio e magnésio, mesmo sabendo que tem grande influência na degradação dos lençol freático (VIANA, 2006).

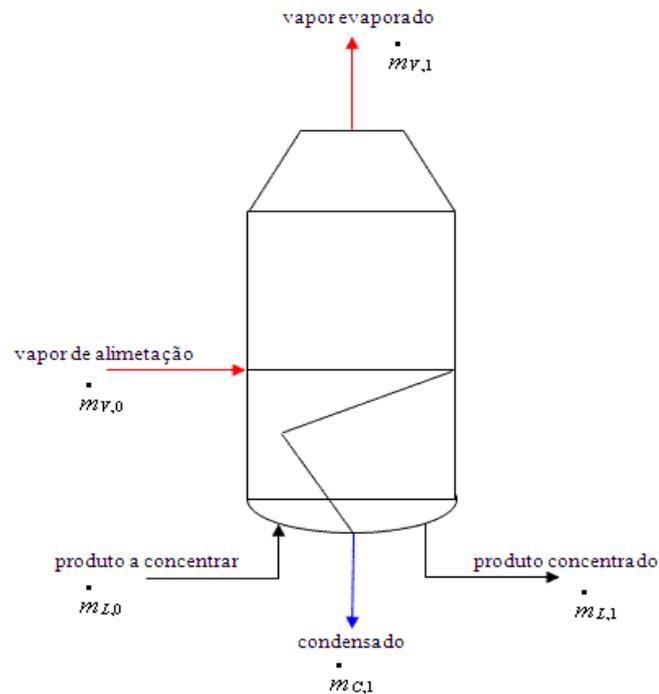
Como foi crescendo a produção do etanol e assim formando maior número de resíduos, começaram os estudos para descobrir uma alternativa que fosse ecológica, ajudasse dentro da empresa e tivesse um custo-benefício relativamente bom. Assim em 1978 foram instalados no Brasil os primeiros concentradores de vinhaça. Este não foi muito proveitoso, teve recorrentes defeitos e não ocasionou eficiência (BIASE, 2007).

Porém depois de grandes imperfeições encontradas nos primeiros concentradores, pesquisadores foram aperfeiçoando cada vez mais, e em 1984 em Novo Horizonte, foi instalado um conjunto de evaporadores fazendo com que esta fosse reduzida até cinquenta por cento em seu volume total (BIASE, 2007).

Esses evaporadores são de grande consumo de energia, porém várias adaptações foram feitas, colocando-os um sequencialmente ao outro para que o vapor de um evaporador aqueça o que está do seu lado, e o vapor que está no último evaporador passa por condensação e assim o processo tem fim (CARVALHO; SILVA, 2010).

A figura (3) a seguir, demonstra um esquema de um evaporador utilizado na concentração da vinhaça:

FIGURA 3. Esquema típico de um evaporador.



Fonte: CARVALHO e SILVA (2010).

2.3.2 Concentradores de Vinhaça

Existe três meios para a diminuição da vinhaça ao percentual do etanol (GURGEL, et al., 2015):

- a) Concentrar a vinhaça *in natura*, por evaporação da água;
- b) Reciclagem da vinhaça utilizando-a na diluição do caldo;
- c) Criação de leveduras que suporte um maior índice do teor de etanol no mosto.

Gurgel, et al. (2015), ainda cita que a forma mais utilizada é a concentração desse resíduo. Essa concentração é feita a partir da evaporação da água contida, com o uso do vapor e sem perder os sólidos, conseqüentemente reduzindo volume. Essa concentração proporciona diversos benefícios principalmente econômicos (fertilização do solo, recuperação da água).

Pode-se observar que na produção *in-natura* o teor de vinhaça alcança cerca de 10 litros a mais, sendo mantida a um Brix de 3°. Em comparação com a vinhaça concentrada na

destilaria, essa se reduzirá a 1,3 litros por cada litro de etanol, aumentando o Brix para 25° e conseguindo também ter um aumento no nível de potássio de 5 para 30kg/m³(CITROTEC, 2011).

Quando se trabalha com um processo de concentração da vinhaça, existem métodos imprescindíveis que conseguem ajudar a medir a quantidade de sólidos solúveis existentes naquele resíduo que teve seu volume reduzido. O método mais utilizado por ser mais rápido e com eficiência é o BRUX (ISEJIMA; COSTA; SOUZA JUNIOR 2002).

2.4 MÉTODO BRUX UTILIZADO

O teor de BRUX é a porcentagem de sólidos solúveis presentes em uma solução, açúcares e etc. A análise a partir do BRUX determina a presença de densidades diferentes na mesma concentração (BICHARA, 2014).

Pode-se calibrar o Brix pelo gramas de açúcar presentes na solução. O método consiste em encontrar o total de sólidos solúveis na água (açúcar, sais, proteínas, etc.) (ARAUJO,2010).

Esse método determina todos os sólidos dissolvidos em uma amostra e pode indicar falsos positivos. Apesar de ser o mais utilizado, por ser mais rápido e fácil de ser aplicado, implica mais rigorosa atenção, quanto a sua %, quanto a massa (Kg) da matéria (ZENEBO; PASCUET; TIGLEA, 2008).

Observa-se que na produção do etanol, quanto maior o índice do BRUX, mais está sendo eficiente o uso de concentradores de vinhaça, fazendo com que possa avaliar que com o índice elevado do brix o teor de água diminui, reduzindo o volume, concentrando uma maior quantidade de sólidos e podendo esse resíduo ser reutilizado de forma ecológica, sustentável e econômica (ANDRADE et al., 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de um estudo de caso, do tipo qualitativo no qual busca aprofundar sobre o assunto em um local específico e individual (GIL, 2008). O objetivo deste estudo é o monitoramento da qualidade do Brix (concentrador de sólidos), haja visto que a empresa relaciona este fator como um dos que mais impactam na produção e concentração da vinhaça.

Será realizado um levantamento bibliográfico por meio da internet, em bancos de dados como: Scientific Electronic Library Online (SciELO)) e serão selecionados livros e artigos, optando por língua inglesa e portuguesa.

Após o levantamento bibliográfico será realizado um monitoramento dos concentradores de sólidos (teor do BRIX), em uma usina localizada no município de Quirinópolis-Goiás. Serão coletados dados sobre a concentração e números de sólidos encontrados nos mesmos durante um período de 30 dias. A partir deste monitoramento será realizado um estudo e comparação dos valores do BRIX inicial e o resultado de sólidos encontrados no final.

Os dados serão coletados todos os dias no mesmo horário para haver maior fidedignidade. A partir da coleta, será encaminhado para uma comparação e posteriormente uma análise e submetido a um possível teste para comparação entre os dias coletados.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, A. R. *Processamento da cana-de-açúcar*. Brasília: Embrapa, 2007.
- ANDRADE, C, et al. *Ciência de agricultor: Procedimento de Análises Laboratoriais - Grau Brix*. Disponível em: <<http://cienciadeagricultor.blogspot.com.br/2013/07/grau-brix.html>>. Acesso em: 25 out. 2016.
- ANDRADE, S.A.C.; CASTRO. S.B. *Engenharia e tecnologia açucareira*. Pernambuco: Departamento de Engenharia Química CTG – UFPE, 2006.
- ANEEL. Agência Nacional De Energia Elétrica. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. Brasília: Anneel, 2008. 236p. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2016.
- ANEEL. Agência Nacional De Energia Elétrica. *Biomassa*. 2011. 65-74 p. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap4.pdf>. Acesso em: 14 out. 2016.
- AQUINO, A. F. et al. O etanol da cana de açúcar: possibilidades energéticas da região de Ceará-Mirim-RN. *Revista HOLOS*, a.30, v.01, p. 105-125, 2014.
- ARAÚJO, E. J. S. *Determinação de brix refratométrico*. 2010. Não paginado. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAyUcAI/analise-alimentos-brix>>. Acesso em: 25 nov. 2016.
- BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. *Revista Ciencia e Cultura*, v.60, n.3, p. 20-29, set. 2008.
- BIASE, L. P. de. *Workshop de gestão de energia e resíduos na agroindústria sucroalcooleira: aspectos gerais da concentração das vinhaças*. Pirassununga, 2007. Disponível em: <<http://www.fzea.usp.br/green/GERA/Luis%20Paulo%20DE%20Biase.doc>>. Acesso em: 26 nov. 2016.
- BICHARA, N. *Dicas sobre o uso de densímetros e refratômetros 2014*. Disponível em: <<http://www.lamasbier.com.br/2014/05/dicas-sobre-o-uso-de-densimetros-e-refratometros.html>>. Acesso em: 25 out. 2016.
- BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. *Sugarcane-Based Bioethanol: Energy for Sustainable Development*. 1st. Rio de Janeiro: BNDES' Communication Department, 2008.
- CARVALHO, T. C.; SILVA, C. L. da. *Redução da quantidade de vinhaça através da evaporação*. 2010. Disponível em: <<http://www2.feb.unesp.br/pos/seminario/IVSeminaro/anais/ACTulioCamacarideCarvalho.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2016.
- CASTRO, H. F. *Indústria açucareira*. 2001. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/>>. Acesso em: 20 out. 2016.

CITROTEC. Vinhaça concentrada diminui custos de transporte e agrega valor aos nutrientes contidos. *Jornal Cana*, dez. 2011. Disponível em: <http://www.citrotec.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=108%3Avinha%20concentrada-diminui-custos-de-transporte-e-agrega-valor-aos-nutrientes&catid=40%3Anovidades&Itemid=60&lang=pt>. Acesso em: 23 out. 2016.

CORAZZA, R. L. *Políticas públicas para tecnologias mais limpas: uma análise das contribuições da economia do meio ambiente*. 2011. 78f. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnologia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

CRUZ, L. F. L. S. *Viabilidade técnica/econômica/ambiental das atuais formas de aproveitamento da vinhaça para o Setor Sucroenergético do estado de São Paulo*. 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

ELIA NETO, A.; SHINTAKU, A. Usos e Reuso de Água e Geração de Efluentes. In: **MANUAL DE CONSERVAÇÃO E REUSO DE ÁGUA NA AGROINDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA**, 2009, Brasília. *Anais...* Brasília: Agência Nacional de Águas, 2009.

EMBRAPA. *Melhoramento de microrganismos para aplicações em biorefinarias*. 2010. Não paginado. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Newsletter.asp?id=27735&secao=Artigos%20Especiais>>. Acesso em: 25 out. 2016.

GARCIA, S. N. P. *A rentabilidade da cadeia de suprimentos vista estrategicamente a partir da margem de contribuição: o caso da indústria do álcool combustível do estado de São Paulo*. 2005. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2005.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLDEMBERG, J. *The ethanol program in Brazil*. 2006. *Environ. Res. Lett.* 1. Disponível em: <<http://stacks.iop.org/ERL/1/014008>>. Acesso em: 15 out. 2016.

GURGEL, M. N. A. et al. Tecnologia para aproveitamento de resíduos da agroindústria sucroalcooleira como biofertilizante organomineral granulado. *Revista de Engenharia Agrícola*, Campinas, v.35, n.1, 2015.

ISEJIMA, E. M.; COSTA, J. A. B.; SOUZA JUNIOR, D. I. Método de determinação de açúcares redutores aplicável no sistema de pagamento de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n.5, p. 729-734, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2002000500020&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 out. 2016.

JOSEPH JUNIOR, H. *Flex fuel technology in Brazil*. São Paulo: Anfavea, Energy and Environment Division, 2007.

LELIS NETO, J. A. *Monitoramento de componentes químicos da vinhaça aplicados em diferentes tipos de solo*. 2008. 89f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2008.

LOPES, A. *A usina de açúcar e sua automação*. 2009. Não paginado. Disponível em: <<http://www.scribd.com>>. Acesso em: 20 out. 2016.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. *Instrução Normativa n. 9, de 02 de junho de 2005*. Aprova normas de produção, comercialização e utilização de sementes. Disponível em: <http://www.dda.agricultura.rs.gov.br/upload/1348854303_IN_09_02%20de%20junho%20de%202005_Normas%20para%20sementes.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2016.

MEZAROBA, S.; MENEGUETTI, C. C.; GROFF, A. M. Processos de produção de açúcar de cana e os possíveis reaproveitamentos dos subprodutos e resíduos resultantes do sistema. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL, IV, 2010, Campo Mourão. *Anais...* Campo Mourão: FECILCAM, 2010. 10p. Disponível em: <http://www.fecilcam.br/anais_iveepa/arquivos/9/9-04.pdf>. Acesso em: 21 out. 2016.

NOVA CANA.COM. *Anidro ou hidratado: diferenças*. 2016. Não paginado. Disponível em: <<https://www.novacana.com/etanol/anidro-hidratado-diferencas/>>. Acesso em: 14 out. 2016.

REIN, P. *Engenharia do açúcar de cana*. Verlag Dr. Albert KG – Berlin, 2013.

SALOMON, K. R. *Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade*. 2007. 247f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.1, p.108-114, 2007.

UDOP. União dos Produtores de Bioenergia. *A história da cana-de-açúcar - da antiguidade aos dias atuais*. Araçatuba, 2012. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=993>>. Acesso em: 13 set. 2016.

ÚNICA. União da Indústria de cana-de-açúcar. *Produção e uso de etanol combustível no Brasil*. 2007. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/publicacoes/etanol/producao_etanol_unica.pdf>. Acesso em: 26 out. 2016.

VIANA, A. B. *Tratamento anaeróbio de vinhaça em reator UASB operado em temperatura na faixa termofílica (55°C) e submetido ao aumento progressivo de carga orgânica*. 2006. 102f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

WADT, L.C. *Cultivo de Pleurotus ssp. em vinhaça visando a produção de biomassa e exopolissacarídeos*. 2008. 72f. Dissertação (Mestrado em Biologia na Agricultura e Ambiente) - Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2008.

ZENEBON, O.; PASCUET N. S.; TIGLEA, P. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2016.