

**MELHORIAS NA PRODUÇÃO DO MOSTO EM UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO  
SUCROALCOOLEIRA DA REGIÃO DE BEBEDOURO SP**

***IMPROVEMENT OF MOST PRODUCTION IN A SUGAR-ALCOHOL PRODUCTION  
UNIT OF BEBEDOURO AREA, BRAZIL***

Patricia Aparecida Cubas dos Santos<sup>1</sup>

Tamiris Alves de Araujo<sup>2</sup>

Larissa Consoli<sup>3</sup>

**RESUMO**

A cultura da cana-de-açúcar começou no século XVI, sendo a primeira grande riqueza agrícola e industrial no Brasil. O etanol, juntamente com o açúcar, destaca-se por sua importância econômica, recebendo grande reconhecimento por suas características de menor emissão de poluentes, em comparação a outros combustíveis. Devido a esta importância econômica, é imprescindível que o seu processo de produção seja continuamente monitorado em busca de possíveis melhorias, reduzindo perdas e aumentando a eficiência do processo. Tendo em vista este contexto, o presente trabalho teve como objetivo introduzir uma melhoria no processo de fermentação do mosto, a partir de uma mudança na forma de alimentação do mosto nas dornas de fermentação, que representaria uma opção de melhor controle da temperatura e propriedades físico-químicas como pH, Brix e açúcares redutores totais, eliminando ou reduzindo a necessidade de diminuição da moagem para estabilizar o processo. Após a implementação do novo sistema de alimentação nas dornas de fermentação, foram monitorados, durante 30 dias, os valores de Brix, pH, acidez total, açúcares redutores totais e impurezas, e os valores obtidos foram comparados com aqueles obtidos no mesmo período da safra 2018, a fim de identificar o efeito da mudança do

---

<sup>1</sup> Graduação em Engenharia de Produção no Centro Universitário UNIFAFIBE. Bebedouro. E-mail: paty.cubas@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduação em Engenharia de Produção no Centro Universitário UNIFAFIBE. Bebedouro. E-mail: tamirisaraudo1216@gmail.com;

<sup>3</sup> Docente no Centro Universitário UNIFAFIBE. Bebedouro. E-mail: larissa.consoli@gmail.com.

processo. Através da análise dos resultados foram constatadas melhorias com relação ao controle das características físico-químicas do mosto após a implementação da mudança, principalmente com relação às propriedades de Brix e açúcares redutores totais, confirmando o efeito positivo da mudança implementada no processo.

**Palavras-chave:** Mosto, Cana-de-açúcar, Melhorias, Implementação.

### **ABSTRACT**

*Sugar cane began in the 16th century, being the first major agricultural and industrial wealth in Brazil. Ethanol, together with sugar, stands out for its economic importance, receiving great recognition for its characteristics of lower emission of pollutants, compared to other fuels. Due to this economic importance, it is essential for its production process to keep continuously monitored for possible improvements, reducing losses and increasing process efficiency. Given this context, the present work aimed to introduce an improvement in the must fermentation process, from a change in the must feeding system in the fermentation vats, which would represent an option for better temperature control and also its physicochemical properties such as pH, Brix and total reducing sugars, eliminating or reducing the need for reduced grinding to stabilize the process. After the implementation of the new feeding system in fermentation vats, the Brix values, pH, total acidity, total reducing sugars and impurities were monitored for 30 days, and the values obtained were compared to those obtained in the same period of the harvest. 2018 in order to identify the effect of the process change. Through the analysis of the results, improvements were observed regarding the control of the physicochemical characteristics of the must after the change implementation, especially regarding the properties of Brix and total reducing sugars, confirming the positive effect of the change implemented in the process.*

**Keywords:** Most, Sugarcane, Improvements, Implementation.

### **INTRODUÇÃO**

A cultura da cana-de-açúcar teve seu princípio no Brasil por volta do século XVI, com a necessidade de se habitar a fim de proteger as riquezas que ali existiam, porém sem tanta relevância no setor da econômica para Portugal. Existiram várias

causas que auxiliaram na escolha da cana se fazer presente no Brasil. Uma delas é o solo Massapê que é uma variedade de solo de cor bem escura, quase preta, descoberto na região litorânea do nordeste brasileiro, sendo benéfico para esse tipo de cultivo. Além disso o açúcar era um produto bem apreciado para o comércio europeu, gerando assim lucros e modificando a economia ao longo dos séculos XVI e XVII da colonização portuguesa no Brasil (MATTOS, 1942).

As primeiras mudas vieram da Ilha da Madeira, em Portugal, no século XVI por Martim Afonso de Souza, após isso houve um crescimento sobre a costa brasileira, principalmente no litoral dos estados de Pernambuco e Bahia, os quais tomaram pedaço da produção açucareira da colônia. A maior cooperação dos engenhos, ainda assim, foi estar em um ponto bastante favorecido, o que colaborava com o escoamento da produção, acarretando assim a chegada do produto aos mercados consumidores. Alguns engenhos progrediram e se tornaram usinas de cana (MACHADO, 2014).

Portugal naquela época não garantiu à sua colônia condições para manutenção do monopólio da cana, onde ocorreu um declínio referente ao consumo de açúcar por volta do século XV, quando a cana deixava de ser um dos principais produtos nacionais, ficando no ano de 1889 como terceiro lugar nas exportações e no ano de 1910 teve uma grande queda pro sexto lugar (MATTOS, 1942).

Historicamente, a cana de açúcar é um dos primordiais produtos agrícolas no Brasil, chegando atualmente no primeiro lugar do ranking mundial de cultura (RODRIGUES; ORTIZ, 2006). Atualmente, a cana-de-açúcar (*Saccharumsp*) é uma das significativas e mais relevantes a cultura no Brasil sendo o agronegócio sucroalcooleiro, segundo informações do PROCANA (Programa da Cana-de-açúcar – 2009), responsável por cerca de 1,76% do PIB nacional, de acordo com dados da safra 2017/2018. Este setor é também um dos que mais empregam no país, produzindo cerca 4,5 milhões de empregos diretos e indiretos, além de reunir mais de 72.000 agricultores e 373 usinas e destilarias, em operação ou projeto (ALCARDE, 2010).

As variações da cana atualmente cultivadas são originadas do cruzamento que foi realizado no século XX, onde algumas variedades como a espécie *Saccharum officinarum* que é abundante em açúcar, mas muito vulnerável a doenças, foi cruzada com outra espécie, a *Saccharum spontaneum*, que é desprovida em açúcar

e muito rústica, ou seja, mais sólida aos problemas do campo. Atualmente especialistas vêm buscando modos de melhorar o cultivo da planta, tornando-a mais produtiva e sólida, entre outros benefícios agronômicos (CIB, 2009).

Dados de encerramento da safra 2017/2018 da região Centro-Sul do Brasil apontam uma moagem de 596,31 milhões de toneladas de cana-de-açúcar entre 1º de abril de 2017 e 31 de março de 2018. Essa decorrência representa uma rápida reparação de 1,78% sobre as 607,14 milhões de toneladas produzidas no ciclo 2016/2017 (ACidadeON/ Ribeirão, 2019).

A duplicação da expansão econômica nas usinas está gerando impactos positivos, como incentivo à produção de outras culturas, redução do desmatamento, crescimento das oportunidades de trabalho e a melhora no fluxo financeiro (BAER, 1965).

A economia brasileira mudou circunstancialmente desde os primórdios do período colonial, aumentando suas expectativas e simplificando os métodos de produção, tornando eficientes as análises competitivas do comércio global, com o sentido de consolidar o mercado competidor (MACHADO, 2014).

As técnicas vêm mudando o cenário da economia brasileira e internacional, mostrando as transformações advindas da cana de açúcar em todo o seu processo evolutivo, desde o período colonial até os dias atuais, no qual aconteceram importantes processos fundamentais, alterando o aspecto da produção em massa, sob o prisma da atuação efetiva para o avanço rumo ao amadurecimento em conjunto constante. Motivando o setor agrícola e canavieiro do qual abrange um grande espaço, haja vista as necessidades a ela inerentes, logo quanto seu potencial iniciou a produção de energia por meio da aplicação dos recursos naturais juntamente com os aspectos de crescimento e enriquecimento do setor, crescendo estrategicamente em relação aos seus objetivos (BAER, 1965).

São consideráveis as mudanças na sociedade, tornando o cenário de modo a auxiliar para os avanços ao longo de todo o contexto da história da cana-de-açúcar nacional, mostrando o Brasil como grande produtor e exportador dos produtos descendentes da cultura canavieira, recebendo prestígio e acréscimo da competitividade até o comércio internacional (FURTADO, 1986).

A cana-de-açúcar é essencial para estimular a economia e a indústria no país. Dessa forma, é possível considerar a grande relevância que o transporte canavieiro

apresenta para fazer com que derivados cheguem até a mesa do consumidor. Além do álcool combustível e do açúcar, tradicionais e mais importantes derivados da planta, existem outros produtos que são feitos a partir da cana (MATTOS, 1942).

A aguardente é uma das bebidas mais antigas e habituais dos brasileiros. Feita a partir da cana, a planta deve estar madura, fresca e limpa para ser prensada, sendo obtida pela fermentação e posterior destilação de mostos açucarados, oriundos do caldo (ALCARDE, 2010).

O melado é gerado por meio da centrifugação do açúcar. É um dos itens manuseados na fermentação ao longo do processo de fabricação do etanol (MACHADO, 2014).

A vinhaça corresponde ao resíduo pastoso e com forte odor derivado do processo de destilação fracionada da cana-de-açúcar. O produto é aproveitado como adubo na área de plantio, reduzindo o gasto em adubos e diminuindo o uso de fertilizante no cultivo (ALCARDE, 2010).

A rapadura é um alimento energético e muito consumido no Nordeste brasileiro. Sua elaboração se dá de forma análoga à do melaço, no entanto, ao fim da produção ela é resfriada e modelada, podendo ser acrescida ou não de produtos como amendoim, coco, mamão, abóbora, leite, dentre outros (CORTEZ; LORA, 2006).

O denominado óleo fúsel é um subproduto da fermentação alcoólica a partir da cana-de-açúcar. Ele é o único derivado não usado na agricultura, e sim para outras funcionalidades, como nas indústrias química e de cosméticos (CALDAS, 2005).

Levedura é adquirida a partir do procedimento fermentativo, é um microrganismo responsável pela alteração da sacarose em etanol. Depois de seca, serve também como ração animal (ALCARDE, 2010).

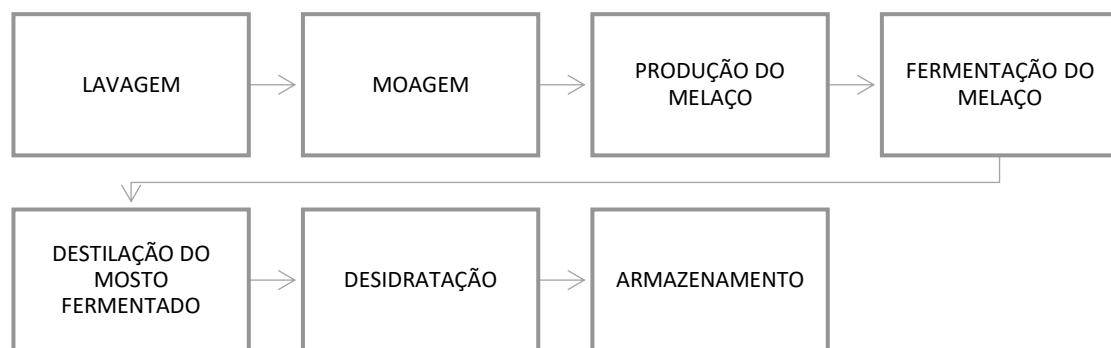
Palha da cana-de-açúcar constitui-se de tudo que é recolhido antes do processo de esmagamento que extraí o caldo da cana que é utilizado para produzir o açúcar e o álcool. Um dos grandes usos da palha é a produção de energia elétrica (CORTEZ; LORA, 2006).

O etanol pertence à classe dos álcoois, isto quer dizer que é um composto orgânico que mostra o grupo funcional hidroxila (-OH) preso a um ou mais carbonos saturados. O etanol não é um produto achado de forma pura na natureza. Para fabricar é essencial extrair o álcool de outras substâncias. O sistema mais simples e comum

de obter é através das moléculas de açúcar, que é encontrada em vegetais como cana-de açúcar, milho, beterraba, batata, trigo e mandioca.

Do meio de todas as matérias-primas do etanol presentes na natureza, a cana-de açúcar é a mais fácil e produtiva, o que confere ao Brasil uma grande vantagem, visto ser esse o essencial produto de extração de etanol no país. A produção de etanol é realizada a partir da cana-de-açúcar e segue aos seguintes procedimentos da Figura 1, que mostra como é realizado todo o processo de produção.

**Figura 1. Processo de Produção de álcool.**



Fonte: Livre Saber (2011).

1. Lavagem: Assim que a cana-de-açúcar chega na usina em sua forma original, é inserida em uma esteira rolante, onde ela é submetida a uma lavagem que retira sua poeira, areia, terra e outros tipos de impurezas. Em seguida a cana é picada e passa por um eletroímã, que faz a retirada de materiais metálicos existentes no produto.
2. Moagem da cana: esta etapa é realizada por meio de rolos trituradores, gerando um líquido chamado melado. Cerca de 70% do produto natural é convertido nesse caldo, enquanto os 30% da parte sólida se transformam em bagaço. O melado segue para o processo de fabricação do etanol, enquanto o bagaço pode ser utilizado para a geração de energia na usina.
3. Fabricação de melaço: O produto adquirido na etapa de moagem é aquecido a cerca de 105°C, onde é armazenado em um tanque pulmão e é alimentado de forma preferencialmente contínua nas dornas de fermentação para se obter o melaço, que

se compõe numa solução de 40% (mais ou menos), em massa, de sacarose. O açúcar mascavo é fabricado quando parte dessa sacarose se cristaliza.

4. Fermentação do melaço: Nessa etapa, é adicionado ao melaço fermento biológico, como a *Saccharomyces sp*, que é um tipo de levedura que, através de um processo metabólico ocorrido em anaerobiose, utiliza a sacarose como substrato para produção de etanol. A ação de enzimas sintetizadas por estas leveduras é que realiza esse trabalho. Finalizado este processo, obtém-se o mosto fermentado, que já contém até 12% de seu volume total em etanol, que em excesso inibe o crescimento das leveduras.
5. Destilação do mosto fermentado: Nessa etapa o produto, no caso o mosto, vai passar pelo processo de destilação fracionada que vai dando origem a uma solução cuja composição pode ser de 96% de etanol e 4% de água. Existe uma denominação que é dada em graus, é o chamado teor alcoólico de uma bebida. No caso do etanol é de 96° GL (Gay-Lussac).  
O etanol é usado para a fabricação de bebidas e como combustível puro ou aditivo para a gasolina. No Brasil, cerca da maior parte da produção de etanol é para a indústria de combustíveis. Essa prioridade é pelo fato de o etanol não gerar dióxido de enxofre quando queimado, ao contrário da gasolina, que polui a atmosfera com substâncias tóxicas.  
Uma parte do etanol hidratado pode, ainda, seguir para o processo de desidratação, para produção do etanol anidro.
6. Desidratação: Nessa etapa, a água presente no álcool hidratado é removida, dando origem ao álcool anidro. O solvente adicionado ao álcool hidratado mistura-se apenas com a água, com os dois sendo evaporados juntos. Outros sistemas, chamados peneiração molecular e *per vaporização*, aplicam tipos especiais de peneiras que retêm apenas as moléculas da água.
7. Armazenamento: O etanol hidratado é acondicionado em grandes tanques, até serem levados por caminhões que o transportam até as distribuidoras. Resíduos processados durante toda a fabricação do etanol também podem ser utilizados pelas indústrias. Os resíduos sólidos, como bagaço, podem ser reutilizados energeticamente como biomassa. Já o dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), derivado do método de fermentação, pode ser aplicado na produção de refrigerantes.

O etanol apresenta como propriedades principais:

- Estado líquido em temperatura ambiente;
- Incolor;
- Apresenta odor característico;
- Alta solubilidade em água;
- Inflamável (sofre combustão);
- Possui ponto de ebulação igual a 78,4 °C (ou seja, evapora mais rápido que a água);
- Tem seu ponto de fusão igual a -114,13 °C (que não congela em congelador ou freezer doméstico).

Em vista da complexidade do processo de produção industrial do etanol, é comum detectar perdas em diversas etapas, sejam elas perdas de materiais ou de energia, o que prejudica a eficiência do processo como um todo.

Neste trabalho, nosso principal objetivo foi obter melhorias do processo de fermentação de mosto de uma usina da região de Bebedouro-SP, a fim de reduzir as perdas de calor e aumentar a eficiência do processo.

## **OBJETIVO**

O presente trabalho teve como proposta a melhoria no processo de fermentação na fábrica do etanol através de uma nova forma de alimentação do mosto nas dornas de fermentação. Devido à alta vazão do mosto (caldo, água e mel), o controle de temperatura das dornas se torna muito complexo, causando assim variações ao longo de todo o processo, pois todas as dornas se encontram interligadas na mesma linha de resfriamento que a destilaria.

Deste modo, o controle da temperatura das dornas de fermentação deve possibilitar uma ebulação contínua, levando à redução na aplicação de anti-espumante e dispersante, e a diminuição direta na perda indeterminada por degasagem.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho foi desenvolvido em uma usina que fica localizada na região de Bebedouro, contando com uma relevante atuação de 1069 colaboradores,

sendo considerada a segunda maior produtora mundial de açúcar e a terceira produtora de açúcar do Brasil. Essa empresa possui uma extensa presença na indústria de alimentos com o fornecimento de açúcares, onde se produz um grande aumento em sua proporção no etanol e energia elétrica, consequente do bagaço de cana de açúcar.

A empresa onde o presente trabalho foi desenvolvido busca priorizar em seus processos produtivos a questão da sustentabilidade, afim de garantir um acordo de longo prazo com seus acionistas, clientes, fornecedores de cana-de-açúcar e todos os públicos interessados, garantindo assim um alto e relevante ponto positivo em relação aos cuidados gerados com a preocupação que se tem quando o assunto é sustentabilidade.

Na safra de 2017/2018 o grupo processou 20,2 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, sendo produzidos 1,8 milhões de toneladas de açúcar e 646 mil litros de etanol, e mais 1000 GWh (giga-waat-hora) de energia destinadas para a comercialização. Essa produção realizada pelo grupo se distribui em sete unidades industriais divididas em diversas localidades do Brasil, como as usinas Andrade, São José, Cruz Alta, Mandu, Tanabi, Severina, Vertente, situadas na extensão noroeste do estado de São Paulo.

O grupo possui em seu processo produtivo uma alta variedade de mais de dez tipos de açúcar que são produzidos nessas unidades industriais descritas acima contando com uma alta tecnologia e um rigoroso processo de qualidade, constado através de certificações, ampliando sempre seu processo produtivo garantindo um alto nível de automação a empresa também procura utilizar um programa de qualidade denominado BPF (Boas Práticas de Fabricação), 5s (Senso de Utilização, Organização, Limpeza, Padronização e Disciplina) e APPCC (Analise de Perigos e Pontos Críticos de Controle).

Durante o processo de alimentação das dornas, o mosto é preparado com uma mistura de mel, caldo e água. Durante o preparo, a vazão e o brix do mosto são determinados pela receita de produção.

Atualmente o controle da temperatura do mosto é obtido por baixa homogeneização, causando maior perda de calor e uma alta concentração de espuma, aumentando assim os gastos de insumos no processo. Para solucionar este problema, nossa principal estratégia foi aumentar a homogeneização através da

sucção de uma bomba, o que deve auxiliar no resfriamento e evitar espumas, reduzindo assim os gastos com os insumos.

O controle deve ser realizado sobre a pressão da linha de resfriamento para que as características do processo se mantenham constantes, sem oscilações. Isso evitaria também a perda indeterminada nos condensadores de etanol que ficam no final da linha de resfriamento, os quais sofrem defasagem pela falta de pressão.

Antes de ocorrer a mudança na linha de fabricação, o processo produtivo do mosto era realizado em tanques (dornas) que eram responsáveis pelo armazenamento do mel e da água, onde os mesmos em sua maior parte do procedimento realizado oscilavam o seu nível de ajustes no processo produtivo, causando uma maior dificuldade no controle operacional, fazendo com que a temperatura, vazão e o brix nem sempre estivessem de acordo com os parâmetros esperados para realização de toda a cadeia de processo. O caldo entrava de modo direto na linha de alimentação das dornas, ocasionando perturbação nos parâmetros de produção (temperatura, ART, fermentação, contaminantes) quando o mesmo oscilava devido à demanda do tratamento de caldo. Quando o processo estava no seu nível exato, não havia um local próprio de armazenamento para esse caldo que chegava na destilaria, pois as dornas já estavam alimentadas e todo esse caldo normalmente era levado de modo direto para as mesmas (dornas), com isso não havia um controle efetivo e consequentemente ocasionava uma desordem relevante no processo e sempre acabava trabalhando de forma apertada em cima desse circuito da linha do mosto, então o procedimento para evitar perdas era solicitar a redução da moagem, pois assim haveria maior tempo hábil para estabilizar todo o processo.

Porém, isso se tornava um grande problema no processo, pois atrapalhava toda a demanda de produção da usina.

A proposta de melhoria realizada foi a adequação do tanque pulmão de água condensada na fermentação com capacidade de 0,69m<sup>3</sup>, para que o mesmo possa assim absorver a oscilação da vazão de caldo enviado.

Com a implantação desse novo sistema de alimentação, onde um tanque foi projetado para receber todo armazenamento do caldo antes e depois ser distribuído entre as dornas.

As mesmas serão abastecidas com o caldo podendo ser designado para esse novo tanque tendo um sistema de alimentação mais eficiente. Com isso foi criado um

plano de ações no decorrer da implementação desse processo, onde foram observadas as seguintes atuações: efetuar interligação da linha de caldo para o tanque de condensado, retirar “ladrão” (é uma abertura responsável por “roubar” a água, evitando que transborde) do tanque para a canaleta, (15/02/2019), pintar tanque de caldo (20/02/2019), criar I.T (instruções técnicas) e alimentar as dornas (31/03/2019), por em funcionamento todo processo (31/03/2019), fazer coletas e conferir juntos as análises realizadas na linha, para analisar se as mudanças estão obtendo os resultados esperados com essa nova mudança (30/05/2019).

Após a realização de toda a mudança com a interação e funcionamento do novo tanque na linha do processo produtivo do mosto, foram realizadas análises comparativas a fim de avaliar se a implementação desse novo tanque surtiu um bom efeito no processo de produção ou se não houve nenhuma mudança, mantendo o mesmo padrão anterior.

Essas análises realizadas têm uma grande importância nas indústrias sucroalcooleiras, pelo fato de permitirem acompanhar o andamento do processo (FIGUEIREDO, 2012).

As análises realizadas no mosto, que é o ponto de partida da produção do etanol, são algumas das mais importantes. A qualidade do mosto é fundamental, visto que ele atua como substrato para as leveduras, microrganismos que realizam o processo fermentativo, e a partir das suas características determina-se quais métodos e parâmetros devem ser utilizados em todas as etapas de produção. Tais determinações são importantes também para o resultado relativo às perdas ocorridas, em cada etapa do processo, possibilitando ajustes quando necessário. São utilizadas diversas rotinas e princípios analíticos em um laboratório de processo sucroalcooleiro, como as análises refratométricas, o uso de cromatógrafos, pH, acidez e impurezas (CALDAS, 2005).

A pesquisa foi conduzida em uma empresa na região de Bebedouro, no departamento do laboratório industrial da unidade. Durante um período de 30 dias, foram realizadas, diariamente, três coletas no primeiro turno, às 8, 10, e 12 horas. As amostras coletadas às 8 e às 12 horas foram analisadas com relação a pH (“potencial Hidrogeniônico”, uma escala logarítmica que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma determinada solução), Brix (a porcentagem em massa de sólidos solúveis contidos em uma solução de sacarose quimicamente pura), Impurezas (falta

de limpeza, de asseio, sordidez), Acidez(condição de um ácido em uma solução) e ART (açúcares redutores totais, que é a quantidade de açúcares contido naquele vinho), enquanto aquela coletada às 10 serão submetidas somente às três primeiras análises.

### Análise do pH (Potencial Hidrogeniônico)

O método de determinação do pH é denominado por uma escala que serve para medir a acidez ou a alcalinidade, no nosso contexto ele vai medir o parâmetro do mosto em seus diversos estágios de produção, onde foi utilizado um recipiente de vidro ou plástico com um volume suficiente de amostra para cobrir a junção do eletrodo assegurando que a temperatura da amostra estivesse em 20,0° +/- 25,0°C, onde foi lavado de duas a três vezes o eletrodo e o termo compensador com a amostra, agitando suavemente de forma a evitar a aeração da amostra proporcionando um contato mais rápido entre o eletrodo e amostra, aguardando assim cerca de 2min para fazer a leitura do pH. O aparelho que foi utilizado para ler o pH tem por nome de pHmetroDigimed Dm – 22.

### Análises de Impurezas

No método de determinação da Impureza é realizado em tubos de vidro de 100ml coletando uma pequena amostra do mosto em seguida foram colocadas na centrifuga por 10min (+/- 30 segundos) a 3.000rpm. Depois de centrifugado a amostra, o sobrenadante foi separado ficando na parte inferior do tubo onde conseguimos identificar a porcentagem de impureza.

A porcentagem de impurezas é identificada pelo volume marcado na graduação do tubo, assim mostrando a quantidade de fermento, se está perdendo ou não.

### Análises da Acidez

O método de determinação da acidez, nós mostra se o mosto está muito ácido ou não, pois se acidez estiver alta as leveduras não vai conseguir se alimentar do mosto, e com isso não vão se reproduzir para se fazer álcool vão morrer.

Análise é realizada com a composta do turno anterior que preserva 10 ml de cada amostra coletada do mosto realizado em 3 horários do turno.

Dessa composta é pipetado 20 ml da amostra e completa com 50 ml de água destilada, em seguida é titulada com NaOH 0,1 mol/L (Hidróxido de Sódio 0,1 mol/L) até atingir o ph 8,5 com um auxílio do pHmetro.

Com o volume gasto do NaOH 0,1 mol/L é digitado no programa do GEATEC (sistema de armazenamento de resultados), disponibilizando o resultado final, onde conseguimos observar e acompanhar se acidez está conforme o padrão necessário para o mosto conseguir alimentar as leveduras.

### **Análise do Brix**

O parâmetro de indicação de açúcar BRIX considera todos os sólidos dissolvidos numa amostra e pode indicar falsos positivos para teores de açúcar. A parte de uma amostra é inserida em um refratômetro, o qual indica o resultado em porcentagem de sólidos, com o resultado do Brix conseguimos também ter uma noção de como a temperatura do mosto está, pois quanto mais alto o Brix mais concentrado está o mosto, e sua temperatura consequintemente está alta, mas esse processo tem que ser trabalhado conforme pede suas especificações para ter o resultado adequado para as leveduras se alimentarem do mosto e ter uma boa produção de etanol.

### **Análises de ART (Açúcares redutores totais)**

Durante a fabricação do caldo para a produção de açúcar, sabe-se que parte dos açúcares redutores são degradados, produzindo principalmente ácidos orgânicos de baixo peso molecular, hidroxi-metil furfural e melanoidínas, que são um grupo de substâncias vindos das reações entre açúcares redutores e proteínas. Uma fração dessas substâncias preserva as características redutoras e devido a estrutura analítica que é aplicada na indústria de açúcar e álcool, estas substâncias permanecem sendo conhecidas como açúcares redutores. Isto ocorre porque o método aplicado não é específico e quantifica substâncias redutoras e não açúcares redutores (métodos não cromatográficos). No entanto, as células de levedura não são eficientes para metabolizar estas substâncias, produzindo etanol como consequência

desta bioconversão. Sendo assim, estas substâncias aparecem como açúcares redutores residuais no mosto.

A mediação da concentração de ART residual no vinho sobre o rendimento fermentativo necessita de diversos fatores operacionais, sendo os fundamentais a taxa de reciclo e a concentração de ART no mosto de alimentação. Para realização dessa análise, foi preciso de um pouco da amostra do mosto, com o resultado do brix, em seguida é pesado 1 grama de mosto e completa para 20 mL de água ultrapura (grau 1), em seguida essa amostra foi filtrada e, com o auxílio de uma seringa, 1 mL foi inserido no cromatógrafo, o qual retorna o resultado da concentração de ART em mg/L. O aparelho utilizado para cromatografia é o cromatógrafo Compact IC Flex 930 Figura 2.

**Figura 2. Cromatógrafo Compact IC Flex 930.**



Fonte: Metrohm (2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

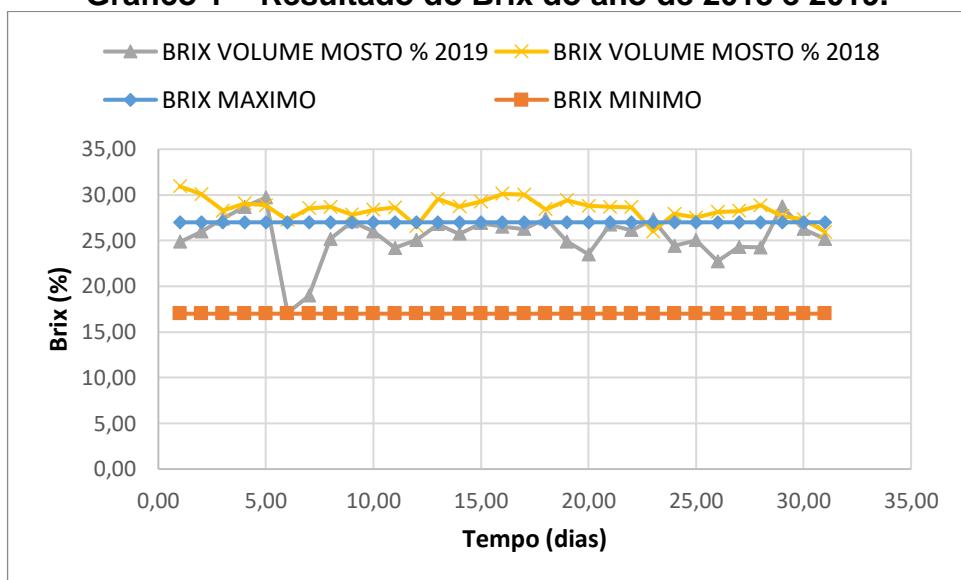
Com base em todas as mudanças realizadas na linha de produção, constatamos que a alimentação das dornas não oscila mais durante o processo fermentativo.

Sendo assim com essa estabilidade constatada no procedimento de alimentação das dornas, observamos através de análises laboratoriais que esta

mudança realizada no processo está contribuindo na queda das perdas que antes eram frequentes de ART (açúcares redutores totais) do setor.

Para melhor analisar o resultado obtido durante todo o processo em que houve a mudança, foi realizado uma comparação dos resultados do ano de 2018 com o de 2019, ambos coletados no mês de julho, a fim de comparar se houve melhorias no processo do mosto em suas especificações (controle do Brix, perdas de ART, controle no pH, Acidez e Impurezas) como representado nos Gráficos 1 a 5.

**Gráfico 1 – Resultado do Brix do ano de 2018 e 2019.**



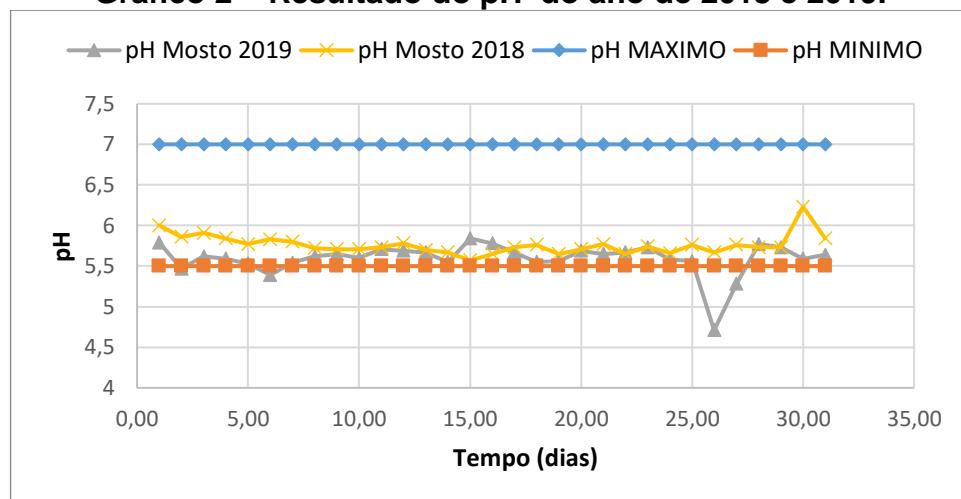
Fonte: Elaborado pelos autores.

Como mostrado no Gráfico 1, em comparação ao resultado do ano de 2018, onde o Brix normalmente não se encontrava dentro da especificação, tendo um valor variado um pouco acima do que se pode considerar máximo, assim afetando diretamente na temperatura oscilando o processo. Já com resultados obtidos do ano de 2019, após a efetuação do novo sistema, constatamos que o Brix melhorou se enquadrando nas especificações, assim conseguindo um controle da temperatura conforme a necessidade do processo.

Podemos observar, de acordo com o Gráfico 2, que tanto no ano de 2018, quanto no de 2019 as amostras coletadas de ambos os anos se mostraram dentro da especificação, onde não houve uma grande oscilação no pH do mosto, assim

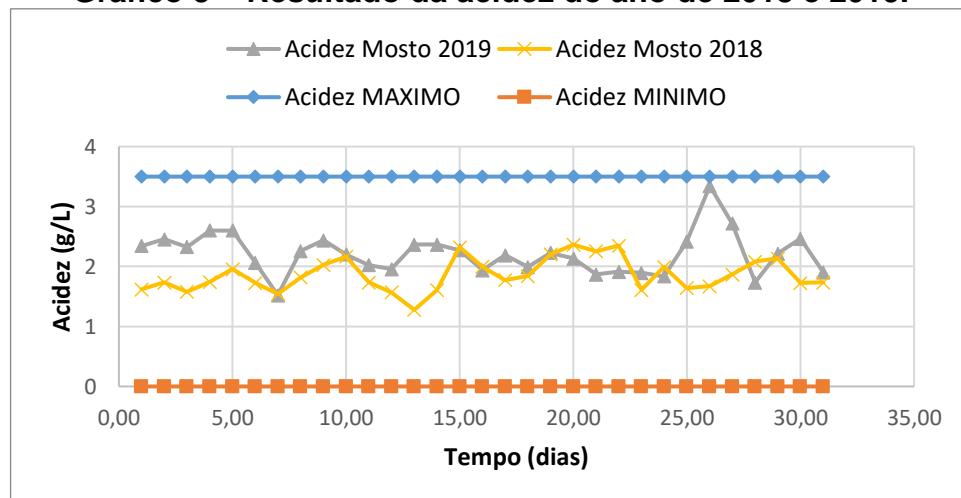
conseguindo ter mais controle em relação as leveduras se reproduzirem, aumentando a produção de vinho.

**Gráfico 2 – Resultado do pH do ano de 2018 e 2019.**



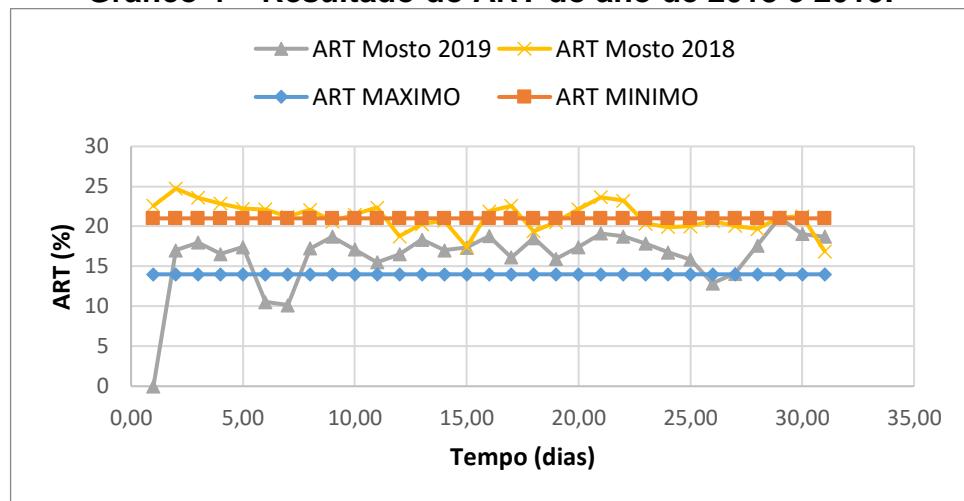
Fonte: Elaborado pelos autores.

**Gráfico 3 – Resultado da acidez do ano de 2018 e 2019.**



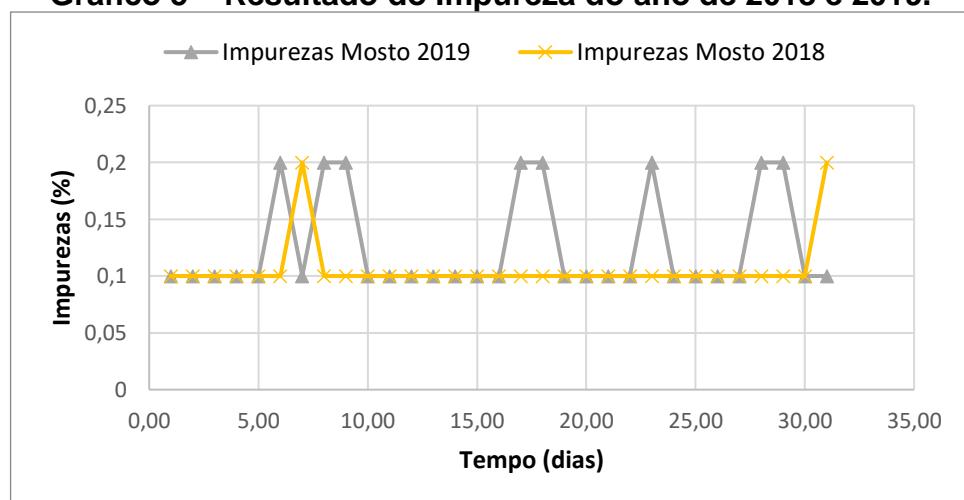
Fonte: Elaborado pelos autores.

Nesta análise observamos que os resultados tiveram uma oscilação pequena, onde ambas não saíram fora da especificação, se mantendo dentro do padrão específico para produção correta do mosto, controlando alimentação das leveduras sem correr o risco de eliminá-las, e sim fazendo elas se reproduzir mais.

**Gráfico 4 – Resultado do ART do ano de 2018 e 2019.**

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na análise de ART observamos que no ano de 2018 ela se manteve em alguns momentos foram do limite de especificação, assim atrapalhando na alimentação das dornas ocasionando diferentes oscilações e perdas na produção de etanol. Já nos dados coletados do ano de 2019 após a melhoria do processo observamos que houve alguns dias que saíram da especificação, mas a maior parte se enquadrou dentro dos padrões, assim conseguindo ter uma boa alimentação das dornas obtendo os resultados esperados e maior fabricação de etanol tendo potencial de atingir as expectativas.

**Gráfico 5 – Resultado do Impureza do ano de 2018 e 2019.**

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim as análises das impurezas realizadas se mantiveram dentro do padrão, onde não existe uma máxima ou mínima a ser comparado devido a quantidade encontrada ser baixa e mostrando que quase não ocorre perdas do fermento, conseguindo trabalhar com o mínimo de perdas possíveis.

Um achado interessante que tivemos referente a essa melhoria propostas no processo produtivo do mosto, foi que através das análises podemos comparar e verificar suas diferenças.

Realizando assim análises e comparando dados dos anos de 2018 e 2019, observamos que houve sim uma melhoria na maioria das análises, obtendo assim melhor desempenho com relação principalmente às características de ART e brix no processo, colaborando para o aumento na produção de etanol, conforme era esperado.

Os resultados das análises físico-químicas efetuadas sobre os parâmetros de brix, pH, impurezas, ART e acidez se mostraram dentro dos padrões mediante ao processo de mudança, onde os valores relativos ao de brix do ano de 2019, foram melhores com a mínima de 17% e máxima de 27%, pH na faixa de 5,5 a 7,0, que são valores indicados para o processamento, as impurezas se mantiveram no padrão específico não existindo assim uma máxima e mínima para ser comparar, ART obtida foi de grande melhoria se conservando dentro dos padrões de máxima 21% e mínima 14% e acidez apresentou dados significantes entre a máxima 3,50000 e mínima 0,0000, onde mostramos com maior clareza de resultados estatísticos representados nos gráficos 1,2,3,4 e 5 sobre todas as análises realizadas.

Os valores das análises após a mudança na linha, estão conforme o processo fermentativo, pois valores contribuem no melhoramento das leveduras para se obter assim um bom resultado. (AMORIM, 2005)

Comparando os resultados de brix e pH do retirado do mosto, verificamos resultados melhores para o brix em 2019 que auxiliaram na melhoria do processo e o do pH se mantiveram dentro dos padrões. Os resultados obtidos nesta pesquisa são parecidos aos apresentados por Teixeira (1997), que alcançaram valores entre 5,50 e 7,00 de pH e brix 17% e 27%.

Considerando-se o processo industrial, sabe-se que os teores de açúcares redutores totais (ART) são importantes para a obtenção do alto rendimento e produtividade. Nesse sentido, verificando análises coletadas, observa-se que

apresentaram valores de ART foram superiores a 14%, considerados dentro de parâmetros ideais de processamento do mosto (AMORIM, 2005).

Observando-se os resultados adquiridos para a acidez do mosto, foi constatado que no ano de 2019 apresentou valor igual ao recomendado de 0,0000 á 3,5000.

Segundo Ripoli e Ripoli (2009), a acidez do mosto é uma propriedade de qualidade da matéria-prima, devendo apresentar valores inferiores a 3,5000g. Neste caso, valores superiores podem mostrar a presença de fatores negativos à qualidade do mosto, como agentes contaminantes ou de danificação. A acidez do mosto encontrada está de acordo com as informações de Bisio e Bulanti (2012).

## CONCLUSÕES

Pelo fato de ser um trabalho de desenvolvimento de implementação de um novo tanque no sistema produtivo e por não encontrar algo similar nas demais usinas, comparando as análises que tiveram resultados satisfatórios.

Na análise coletadas, os resultados ficaram dentro da faixa exigida, porém os valores de atividade do Brix, Acidez, pH e ART tiveram uma pequena oscilação entre os dados comparados gerando assim um resultado positivo no ano de 2019 e também a análise de impurezas que se manteve constante nos dois períodos analisados.

Nas análises realizadas e comparadas com a do ano de 2018 a mudança no processo teve uma boa aceitação se adaptando a nova forma de alimentação do mosto para as dornas, onde as modificações foram bem aceitas pelo processo.

Nas informações obtidas, foi possível observar que o processo produtivo do mosto se enriqueceu, aumentando consideravelmente o valor diário de produtividade à medida que a concentração de mosto foi sendo distribuído nas dornas. Desta maneira, os resultados obtidos foram satisfatórios, mostrando que a melhoria proposta no processo foi um grande e poderoso implemento, podendo ser adicionado em demais usinas produtoras de etanol e em outros processos, levando em consideração as perdas que podem ser solucionadas através dessa implementação, sem afetar as características do processo e sendo uma alternativa que evita gastos desnecessários e melhora a produtividade em vários aspectos.

## REFERÊNCIAS

- ALCARDE, R.A. Árvore do conhecimento: cana-de-açúcar. In: AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLOGICA, 2010, Brasília. **Anais eletrônicos...**Brasília: AMORIM, H.V. (Ed.). **Fermentação alcoólica, ciência & tecnologia.** Piracicaba: Fermentec, 2005. 448p
- BAER, W. (Ed.). **A industrialização e o desenvolvimento econômico do Brasil.** 1.ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1966. 209p.
- BISIO, W.; BULANTI, L. Sorgo dulce industrialización. In: WORKSHOP INTERNACIONAL AGROINDUSTRIAL SOBRE SORGO SACARINO, 2012, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: APLA, 2012. p.27.
- CALDAS, C. **Teoria Básica e Análises Sucroalcooleiras.** Maceió: Central Analítica, 2005. 172p.
- CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. S.; GOMEZ, E.O. (Ed.). **Biomassa para energia.** 1. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2006. 733p.
- FIGUEIREDO, T. M. P. **Validação de métodos analíticos:** determinação doteor de açúcar numa amostra de produto alimentar. 2012. Dissertação (Mestrado emQuímica). Departamento de Química, FCTUC, 2012.
- FURTADO, C. (Ed.). **Formação econômica do Brasil.** 32.ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1986. 198p.
- MACHADO, B. G. **Fabricação de Açúcar e Etanol a partir da Cana-de-açúcar.** 2014. Disponível em: <<http://www.portaldobiogas.com/fabricacao-de-acucar-e-etanol-partir-da-cana-de-acucar/>>. Acesso em: 25 mai. 2019.
- MATTOS, A. R. (Ed.). **Açúcar e Álcool no Brasil.** 4. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1942. 221p.
- RIPOLI, T. C.C.; RIPOLI, M. L. C. Ed.). **Biomassa de cana-de-açúcar:** colheita, energia e ambiente. 2. ed. T.C.C. Ripoli, 2009. 333p.
- RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. Em Direção à Sustentabilidade da Produção de Etanol de Cana-de-açúcar no Brasil. In: VITAE CIVILIS – INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO, MEIO AMBIENTE E PAZ, 2006, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: VITAE CIVILIS. Disponível em: <[http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/etanol\\_sustentabilidade.pdf](http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/etanol_sustentabilidade.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2019.
- TEIXEIRA, C.G.; Jardine, J.G, B.; DARCY, A. Utilização do sorgo sacarino como matéria-prima complementar à cana-de-açúcar para a obtenção de etanol em microdestilaria. In: Ciênc. Tecnol. Aliment, 17., 1997, Campinas. **Anais eletrônicos...** Campinas: Scielo, 1997. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X1997000100001&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X1997000100001&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20611997000300011>](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20611997000300011).  
Acesso em: 07 nov. 2019