

FILOSOFIA KAIZEN: TEORIA E APLICAÇÃO EM UMA USINA DE AÇÚCAR, ÁLCOOL E ENERGIA

KAIZEN PHILOSOPHY: THEORY AND APPLICATION IN A SUGAR, ALCOHOL AND ENERGY PLANT

Guilherme Antônio Gonçalves Moreira¹

Samuel Salvador Pinto de Almeida²

Larissa Consoli³

RESUMO

Com o cenário cada vez mais desafiador, os conceitos de qualidade estão sendo inseridos nas organizações para propor a melhoria contínua dos processos. O presente artigo avaliou a teoria e aplicação do Kaizen no setor sucroenergético propondo melhoria no processo, redução de custo no processo de fabricação de açúcar a partir de mudanças em uma bomba de deslocamento de massa. Através de uma equipe multifuncional, foi readequada a lógica de programação do sistema de bombeamento de massa utilizada na produção de açúcar, para reduzir o efeito de cavitação. Esta mudança no processo trouxe resultados bastante positivos: houve redução significativa do número de manutenções na bomba, com a consequente economia de recursos de mão de obra e de material de consumo, chegando a poupar R\$21.593,31 durante o período avaliado. O desenvolvimento deste trabalho mostrou que a aplicação da ferramenta Kaizen utilizando recursos relativamente simples e de baixo custo pode trazer resultados bastante promissores de desempenho de processo e redução de custos.

Palavras-chave: melhoria no processo, cavitação, custo, melhoria continua.

¹ Graduação em Engenharia de Produção do Centro Universitário Unifafibe, Bebedouro-SP. E-mail: guilherme_moreira@hotmail.com

² Graduação em Engenharia de Produção do Centro Universitário Unifafibe, Bebedouro-SP. E-mail: samuel.salvador1997@gmail.com

³ Docente do Curso de Engenharia de Produção no Centro Universitário Unifafibe, Bebedouro-SP. E-mail: larissa.consoli@gmail.com

ABSTRACT

As the industrial scenario is nowadays increasingly more challenging, the quality concepts are being inserted in the organizations to propose continuous process improvement. The present article evaluated Kaizen theory and application in the sugar-energy sector proposing process improvement, cost reduction in the sugar manufacturing process with mass displacement pumps. Through a multifunctional team, the programming logic of the mass pumping system used in sugar production was readjusted to reduce the cavitation effect. This change in the process brought very positive results: there was a significant reduction in the number of pump maintenance, with the consequent saving of labor resources and consumption material, saving up to R\$ 21. 593,31 during the period evaluated. The development of this work has shown that applying the Kaizen tool using relatively simple and low-cost features can bring very promising results of process performance and cost reduction.

Keywords: process improvements; cavitation; cost; continuous improvement.

INTRODUÇÃO

A cultura da cana de açúcar tem origem discutida por historiadores, no entanto é possível afirmar que sua origem é asiática (FAHL et al., 1998, p. 396). No Brasil, a plantação de cana de açúcar teve seu início ainda no período de colonização.

As próprias terras portuguesas eram o principal destino do açúcar produzido no Brasil, durante o período colonial, para o fortalecimento da economia de Portugal (BRANDÃO, 1985).

O primeiro engenho do Brasil foi instalado na capitania de São Vicente em 1532, mas a região onde a produção ganhou mais destaque foi no Nordeste brasileiro. Após cinquenta anos o Brasil se tornou um dos maiores produtores de açúcar do mundo (MACHADO, 2019).

Em 1975, após o programa Proálcool do governo federal, a produção aumentou consideravelmente saindo de 100 milhões de toneladas para 220 milhões de toneladas por ano. Na safra 1993/1994 a produção voltou a crescer devido ao aumento de exportação, a partir deste período o aumento foi contínuo (UNICA, 2008).

A realidade do cenário da indústria sucroenergética no Brasil está cada vez

mais desafiadora, devido às quedas do preço do açúcar no mercado de *commodities*, causada por safras recordes em mercados internacionais como Índia, Tailândia e União Europeia. Isto faz com que as empresas atuem nos mínimos detalhes em busca de melhoria contínua, principalmente na redução de custos (REUTERS, 2018).

A gestão da qualidade passou a ser mais usada nas empresas a partir de 1980, porém este conceito é antigo e deixou de ser tratado dentro das empresas somente pelo setor de controle de qualidade, atualmente a qualidade total está diretamente ligada à prevenção e ao próprio cliente, otimizando os processos e buscando melhoria continua (ANTÓNIO, TEIXEIRA E ROSA, 2016)

Quando o conceito de qualidade total não era tão difundido dentro das empresas, a qualidade era relacionada a aumento de custo, porém este conceito está equivocado, pois quanto mais acentuada a presença do setor de qualidade em uma empresa, menores são os custos (OLIVEIRA, 2003).

Ao decorrer dos anos o conceito de qualidade foi aprimorado de adequação ao padrão para a adequação às necessidades latentes dos clientes (SHIBA *et al.*, 1993). A concepção de qualidade foi sendo reajustada de acordo com o mercado, com o *feedback* de seu cliente e com as expectativas depositadas em seu produto/serviço.

A filosofia Kaizen foi adotada no Japão após a Segunda Guerra Mundial, quando o país estava devastado, pois era necessária uma reconstrução nas empresas e até mesmo nas vidas particulares das pessoas. Os japoneses precisavam reerguer suas vidas e a filosofia Kaizen foi usada para isso. Assim, a cada dia que se passava uma nova prática de melhoria era adotada, deixando para trás pensamentos reativos e buscando sempre a melhoria contínua (ESPÍNDOLA, 1997).

Atualmente, esta filosofia ainda segue muito difundida no Japão. Segundo Imai (1990), o Kaizen para muitos japoneses é considerado uma religião. Ele é basicamente estruturado em 10 mandamentos, que são a seguir apresentados:

- Reduzir o desperdício;
- Melhorias graduais continuamente;
- Todos os colaboradores devem estar envolvidos;

- Tem como base utilizar estratégias baratas, acreditando que um ganho de produtividade pode ser obtido por baixos investimentos;
- É aplica em qualquer circunstância;
- Apoia-se numa gestão visual;
- Ter atenção onde realmente tem valor;
- Orienta-se para os processos;
- Dá prioridade às pessoas, acredita que o principal esforço de melhoria deve vir de uma nova mentalidade e estilo de trabalho das pessoas;
- O lema é: aprender fazendo.

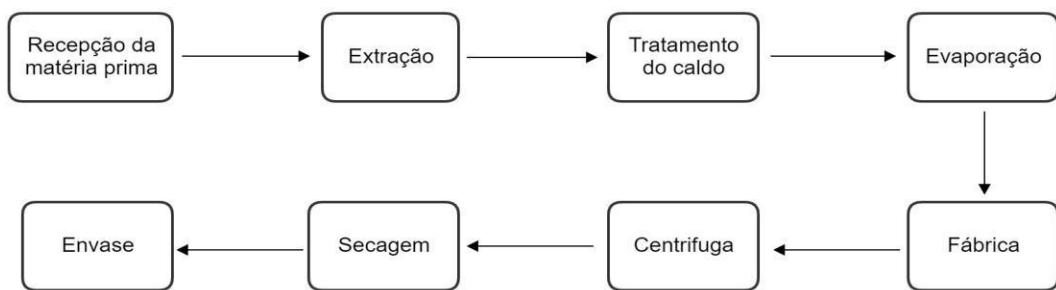
Sabendo da dificuldade que as empresas estão passando com a queda nos preços do açúcar, a redução de custo para a produção é indispensável. Através da filosofia Kaizen é possível obter melhoria nos processos com baixo custo, envolvendo todos os níveis da organização onde todos os funcionários podem propor ideias para reduzir desperdícios. A melhoria contínua deve ser adotada diariamente no chão de fábrica.

Tendo em vista o contexto apresentado, o objetivo deste artigo é avaliar o efeito da aplicação de uma melhoria em processo sugerida através da aplicação da filosofia Kaizen em uma empresa do ramo sucroenergético, situada na região norte do estado de São Paulo, com a finalidade de reduzir custos de manutenção com bombas de massa, reduzir tempo de manutenção, reduzir perdas por vazamentos, promover a maior duração das bombas e melhor organização do ambiente de trabalho.

Processo de produção do açúcar

No Brasil, os processos de produção de açúcar adotados pelas diversas usinas são bastante similares entre si. Basicamente, o processo é composto pelas etapas apresentadas na Figura 1, e que são a seguir descritas separadamente.

Figura 1 – Fluxograma do processo de produção do açúcar



Fonte: Autoria Própria

- Recepção da matéria prima e extração

O processo industrial para a produção de açúcar começa na recepção da matéria prima, a cana-de-açúcar. Após a pesagem, uma quantidade aproximada de 10 a 15 kg de cana por carreta é coletada através de uma sonda oblíqua para a realização de análises laboratoriais (REIN, 2013, p. 59).

Na unidade onde o estudo foi realizado não ocorre o armazenamento da cana. Sendo assim, após as etapas de pesagem e análise a mesma é enviada para o setor da extração, onde a primeira etapa é o descarregamento da cana através de tombadores, que são grandes guindastes que enviam a matéria prima para as mesas alimentadoras.

Em seguida, a cana passa por um preparo, atravessando uma sequência de equipamentos como transportadores, picadores e desfibrador. O objetivo do preparo é reduzir o tamanho da cana picada e abrir as células da cana que será enviada ao conjunto de moendas para extração do caldo.

Na extração, o caldo é separado do restante da cana, após o preparo ela é espremida por pressões sofridas pelos conjuntos de rolos nos ternos da moeda (REIN, 2013, p. 117).

- Tratamento de caldo e evaporação

O caldo proveniente do processo de extração contém uma quantidade de impurezas que tem de ser reduzida para deixá-lo com qualidade adequada para seu processamento na fábrica de açúcar. A primeira etapa do tratamento é a remoção

dos sólidos insolúveis por meio de peneiração. A etapa seguinte é a sulfitação, cujo objetivo é inibir as reações de formação de cor, coagulação de coloides solúveis e diminuir a viscosidade do caldo e, consequentemente, do xarope, massas cozidas e méis que serão formados nas etapas subsequentes, facilitando as operações de evaporação e cozimento (ALBUQUERQUE, 2009, p. 61).

Após a sulfitação, o caldo é enviado para a dosagem de cal, para corrigir o pH para a faixa de 6,8 a 7,2. Feito isto, o caldo é aquecido e enviado para clarificadores, onde é adicionado um material de efeito floculante para decantar as impurezas do caldo. Assim, no final desta etapa o caldo já terá sido clarificado. As impurezas decantadas no clarificador são referidas “lodo”. Este é, então, bombeado para o setor de filtragem, onde se recupera parte do caldo. O resíduo gerado pela filtragem, chamado “torta”, é usado na agricultura como adubo para as plantações (FRANCISCO, 2018, p. 18).

O caldo filtrado é bombeado para o setor da evaporação junto com o caldo primário da extração, onde o objetivo é promover a concentração da sacarose através de pré-evaporadores que são aquecidos com vapor de escape. O calor do vapor é transferido para o caldo e os vapores desprendidos do caldo denominados vapor vegetal seguem para o próximo pré-evaporador, até que seja alcançado o brix (concentração percentual de sólidos solúveis) desejado, que deve ficar entre 60% a 67%. O sistema de evaporação na unidade é composto por quatro evaporadores que são aquecidos por vapor de escape, quatro evaporadores aquecidos com vapor vegetal proveniente do efeito anterior e três caixas, totalizando onze evaporadores, porém o sistema opera somente com oito equipamentos para realizar a rotina de limpeza.

- Cozimento

O xarope obtido no estágio de evaporação é enviado para a fabricação de açúcar. No cozimento ocorre a evaporação de água com vácuo (22 a 25 polHg), com temperatura entre 65 a 70 °C. Nesta etapa, a solução açucarada é transformada em pequenos grãos cristalinos durante o processo de cristalização. Neste processo, a granagem é uma das etapas mais importantes dentro do processo produtivo. Ela

consiste na formação de grãos de açúcar. A granagem segundo ALBUQUERQUE (2009, p. 139) deve ser feita com pureza próxima de 72% a 74%, pois com este grau de pureza a massa cozida é mais uniforme.

Na etapa de granagem existem três zonas de saturação para a massa: insaturada, metaestável e lábil. Na zona insaturada, a quantidade de água é alta, ocorrendo a dissolução dos grãos de açúcar. Na zona lábil, devido ao aumento da concentração de sacarose, ocorre a nucleação, aparecendo cristais espontâneos não desejados na cristalização. Toda a etapa da cristalização deve ser realizada na zona metaestável, pois nesta zona não ocorre o aparecimento de cristais espontâneos, tampouco a dissolução dos grãos (REIN, 2013, p. 410).

O método para a formação de grãos utilizado na fábrica onde o trabalho foi desenvolvido é o da semeadura. Ele tem como característica a inserção de “semente” na granagem. Esta é a designação dada a uma mistura formada por uma porção de açúcar e duas porções de álcool batidas em moinhos. Como o açúcar não se dissolve completamente no álcool, seus grânulos servem como “semente” para a nucleação e crescimento dos demais grânulos formados na etapa de cristalização.

De acordo com o critério de pureza, a massa resultante do processo de cozimento pode ser classificada em A, B ou C. A pureza é a porcentagem de sacarose contida nos sólidos solúveis. É calculada de acordo com a Equação 1:

$$((\text{POL}/\text{brix}) * 100). \quad (1)$$

Onde: POL é a quantidade de sacarose contida numa solução açucarada de peso normal e BRIX se refere à porcentagem de sólidos solúveis contidas em uma solução de sacarose (ALBUQUERQUE, 2009, p. 18).

A massa C é oriunda de cozimento com baixas purezas, na ordem de 57% a 64%. Os tachos cozedores são alimentados com cristalizado e mel B proveniente da massa B. No final do cozimento, a massa C é descarregada em reservatórios denominados cristalizadores e enviada para o processo de centrifugação (REIN, 2013, p. 420).

A massa B é oriunda de cozimento com pureza de 70% a 75%, onde os tachos cozedores são alimentados com mel A e magma C resultante da massa C. Após o

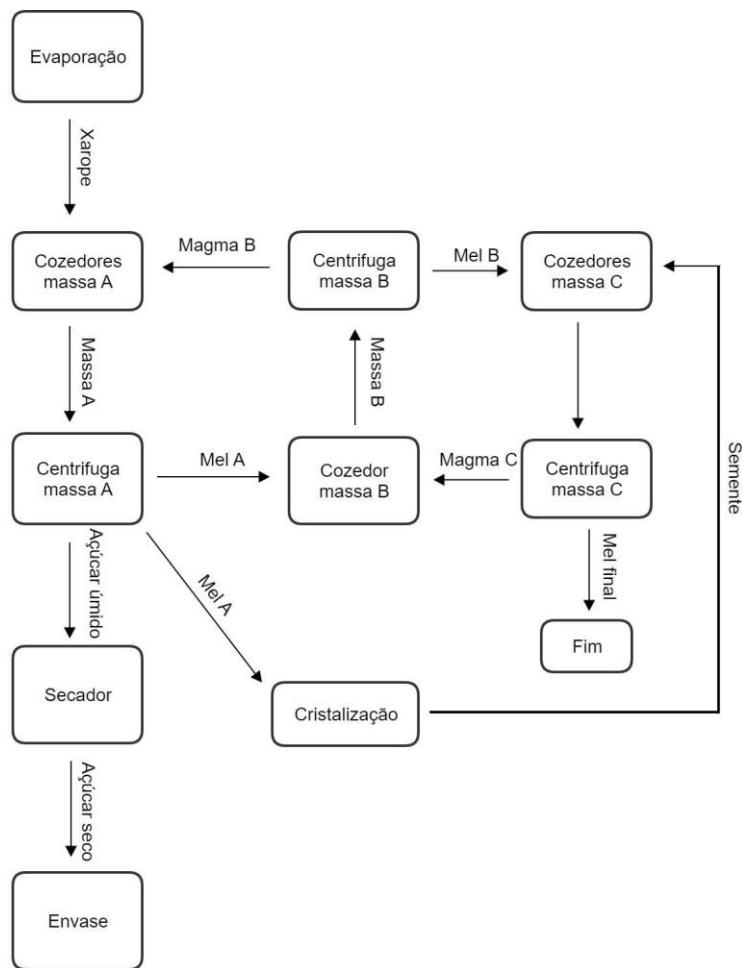
final do cozimento, a massa B é enviada para o cristalizador e em seguida para o processo de centrifugação onde ocorre a separação do mel B e magma B (REIN, 2013, p. 420).

Massa A é oriunda de cozimento com pureza entre 80% a 85%, obtida por cozimentos alimentados com xarope e magma, no final do cozimento a massa é enviada para as centrifugas para a separação do mel a e do açúcar úmido (HUGOT, 1977, p. 713).

Magma açúcar decorrente da centrifugação da massa nas centrifugas continuas utilizado no cozimento (ALBUQUERQUE, 2009, p. 19).

Mel é o fluido que cobre os cristais da massa cozida. A centrifugação é utilizada para fazer a separação deste fluido dos cristais (ALBUQUERQUE, 2009, p. 19). Esses processos estão esquematizados na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma do processo de separação do magma e do mel das massas A, B e C.



Fonte: Autoria Própria

- Centrifugação

No processo de centrifugação de massa B e C ocorre a separação do magma e do mel, todo o processo é realizado por centrifugas contínuas que rodam em altas rotações, a separação ocorre através da força centrifuga, o mel final é enviado para o processo de fermentação e o magma c para a fabricação de massa B (HUGOT, 1977, p. 820-822).

No processo de centrifugação da massa A ocorre a separação do açúcar úmido e do mel, todo o processo é realizado por centrifugas automáticas, que operam por ciclos contínuos no final do ciclo o açúcar úmido é descarregado em um transportador para ser enviado a etapa de secagem (REIN, 2013, p. 492).

- Secagem

Na secagem o açúcar com temperatura próxima a 70°C e umidade em 0,1 e 2% passa pelo processo de secagem e resfriamento todo o processo é realizado por um único equipamento denominado secador de açúcar (FRANCISCO, 2018, p. 153).

O secador é um equipamento rotativo. Na primeira etapa do secador são adicionados vapor e ar, posteriormente o açúcar passa pelo resfriador. Na saída, os parâmetros desejados são umidade próxima a 0,06% e temperatura menor que 40°C (FRANCISCO, 2018, p. 154).

Após a secagem o açúcar será envasado em sacarias de 50kg ou big bags de 1200Kg. O tipo de envase é determinado pelo departamento comercial, ou seja, de acordo com a escolha do cliente e tipo de açúcar.

METODOLOGIA

Através do programa de melhoria contínua, Kaizen, aplicado internamente na empresa, foi identificada a oportunidade de melhoria no setor de fabricação de açúcar, pois estavam ocorrendo quebras constantes nas bombas da massa utilizada na produção de açúcar.

Através de Brainstorming entre a equipe da manutenção mecânica e processos, identificou-se que a principal causa da quebra das bombas é a cavitação. A cavitação é perceptível por análise sensitiva através do tato e audição. Além disso, é possível verificar através de equipamentos de termográfica e vibração.

A cavitação ocorre quando $NPSH_D < NPSH_R$.

$NPSH$ disponível ($NPSH_D$) é a pressão absoluta realizada pelo sistema na entrada da bomba. Já o $NPSH$ requerido ($NPSH_R$) é a pressão mínima realizada na entrada da bomba para evitar a cavitação e informação essa que é fornecida pelo fabricante. Na sucção das bombas, pode haver a formação de vácuo e existe um limite para este vácuo. Caso ele esteja acima deste limite, ocorre a cavitação. Neste caso, o líquido entra em ebulição sob determinadas condições de temperatura e pressão. Assim, formam-se bolhas de vapor que se deslocam da sucção até a saída do impelidor. As bolhas colapsam e provocam erosão na parte metálica da bomba, além de causar perda de rendimento (BRUNETTI, 2008).

A cavitação nas bombas sobre as quais foi realizado o trabalho ocorre principalmente pela falta de fluidos na bomba. Quando ocorre o evento, há ruídos característicos e vibrações na bomba e tubulação.

A bomba de lóbulos é projetada para deslocamento de fluidos de alta densidade, como é o caso das massas base para produção de açúcar. Este modelo de bomba permite bombeamento contínuo, com fluxo suave e livre das pulsações. É ideal para fluidos que necessitam ser homogeneizados, pois, ao passar pelos rotores, ocorre a mistura. A bomba citada é a idêntica à apresentada na Figura 3.

Figura 3 - Bomba mausa de lóbulos, modelo é igual ao usado na usina.



Fonte: http://mausa.com.br/downloads/ficha_tecnica/Bomba_Lobulos_BLM.pdf

Um dos componentes desta bomba, que fica situado na parte interna, é chamado de selo mecânico, o qual é responsável por diminuir ou eliminar vazamentos de fluidos entre o eixo rotativo e carcaça da bomba. O selo mecânico da bomba de lóbulos é de material sensível que não suporta altas vibrações, desta forma foi pensado na possibilidade de melhoria no sistema de bombeamento através de mudanças na programação da bomba de mausa lóbulos.

Antes da proposta de melhoria realizada pela equipe Kaizen, as bombas de massa aumentavam a rotação de acordo com o nível do tanque de recalque. Quando o nível estava menor do que o *set point*, o inversor de frequência da bomba aumentava a rotação para repor o fluido no reservatório. Quando o nível do tanque de sucção estava zerado e o tanque de recalque não estava no *set point*, o inversor de frequência aumentava a rotação da bomba, fazendo com que ela operasse sem fluido, o que causava a ocorrência da cavitação.

Com uma equipe multidisciplinar, foi desenvolvido o projeto onde as rotações das bombas passariam a estar ligadas aos transmissores de níveis dos reservatórios de sucção das bombas, mantendo sempre um nível de segurança para evitar que elas operem sem fluidos.

Todos os reservatórios já possuíam transmissor de nível, e a bomba utilizada para fazer o bombeamento já estava equipada com inversor de frequência. Este dispositivo consegue variar a velocidade de rotação da bomba. Sendo necessária somente uma mudança de lógica de programação para deixar o sistema mais eficiente, o sistema utilizado na unidade é o SIMATIC PCS 7 da Siemens.

Através do sistema de gestão SAP, foram coletadas informações em relação a à eficiência do novo modelo de bombeamento, utilizando dados de manutenção de períodos de maio, junho e julho do ano de 2018 e comparando com o mesmo período de 2019.

O software possibilita ter acesso as manutenções realizadas nas bombas e também aos custos das manutenções, facilitando a análise de resultados. Com isso foram realizadas as seguintes comparações: horas x homem x trabalhada em cada manutenção da bomba, o custo de manutenção da bomba, o custo total de manutenção e a quantidade de vezes que a bomba foi quebrada.

Foi realizada uma análise estatística com os dados obtidos para melhor identificar os resultados da melhoria no sistema de bombeamento.

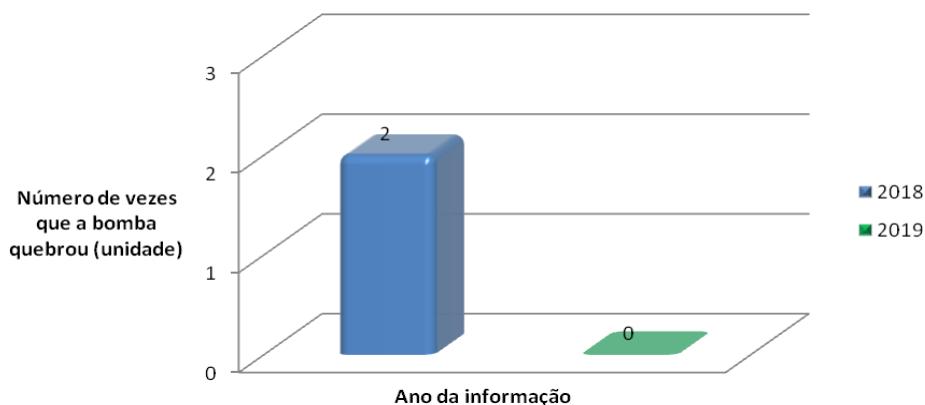
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através do trabalho aplicado no sistema de bombeamento e na lógica da bomba mausa de lóbulos, foi possível obter e observar algumas mudanças em relação à safra de 2018.

Com base no sistema SAP, foram obtidos os resultados de manutenção da bomba referente ao ano de 2018 e comparado ao mesmo período de 2019.

Com os resultados foi possível ver uma diminuição no número de manutenções da bomba (Gráfico 1), já que ela não foi quebrada nenhuma vez durante o período observado em 2019. Desta forma, a equipe de manutenção passou a ter mais tempo disponível para trabalho, gerando uma economia de 100% dos custos totais gastos com a bomba em 2019 em relação ao ano de 2018.

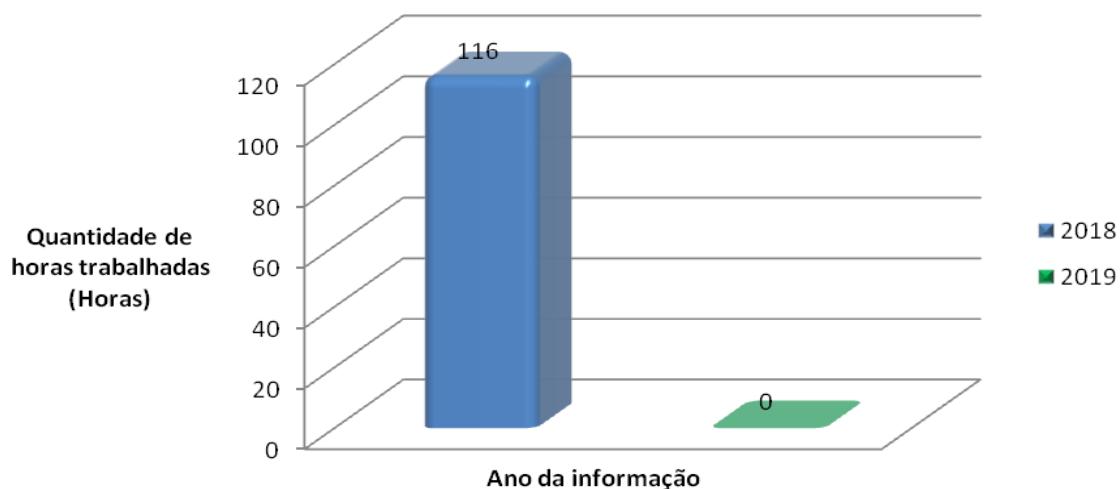
Gráfico 1 - Quantidade de manutenção necessária na bomba mausa de lóbulos durante os anos de 2018 e 2019.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Com a diminuição das manutenções na bomba, surgiu também a diminuição no tempo em que a equipe de manutenção utiliza para manutenção, com isso diminui os gastos com mão de obra. Esse indicador foi chamado de Hora x Homem, que basicamente é o tempo em que os funcionários exercerem aquela função, demonstrado no Gráfico 2.

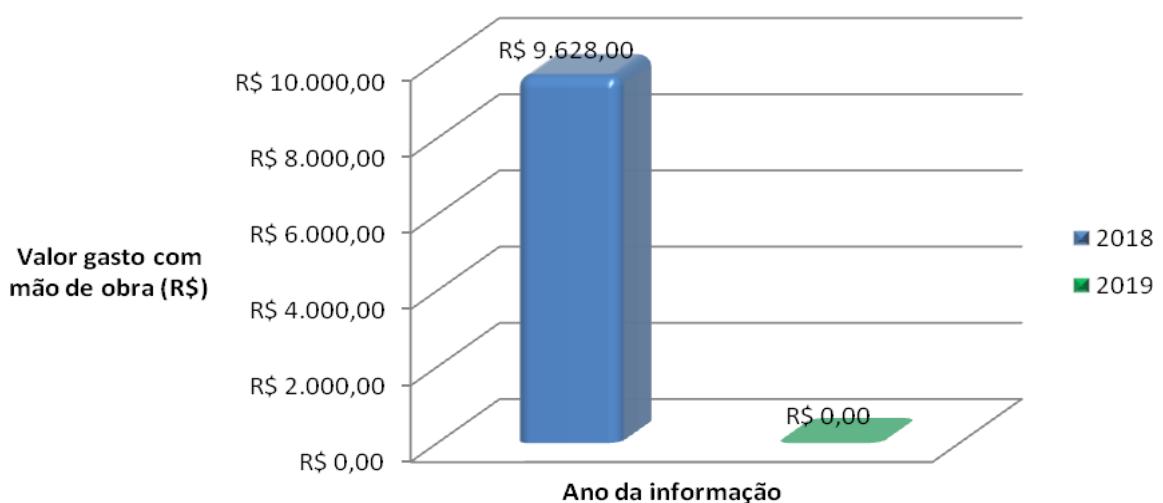
Gráfico 2 – Quantidade de horas em que a equipe de manutenção gastou para realizar os serviços.



Fonte: Autoria Própria (2019).

A queda das horas homem trabalhadas impactou diretamente nos gastos com a mão de obra. Conforme pode ser analisado no Gráfico 3, que ilustra a diferença entre 2018 e 2019 em relação ao quanto a empresa conseguiu reduzir de custos com a mudança aplicada na bomba.

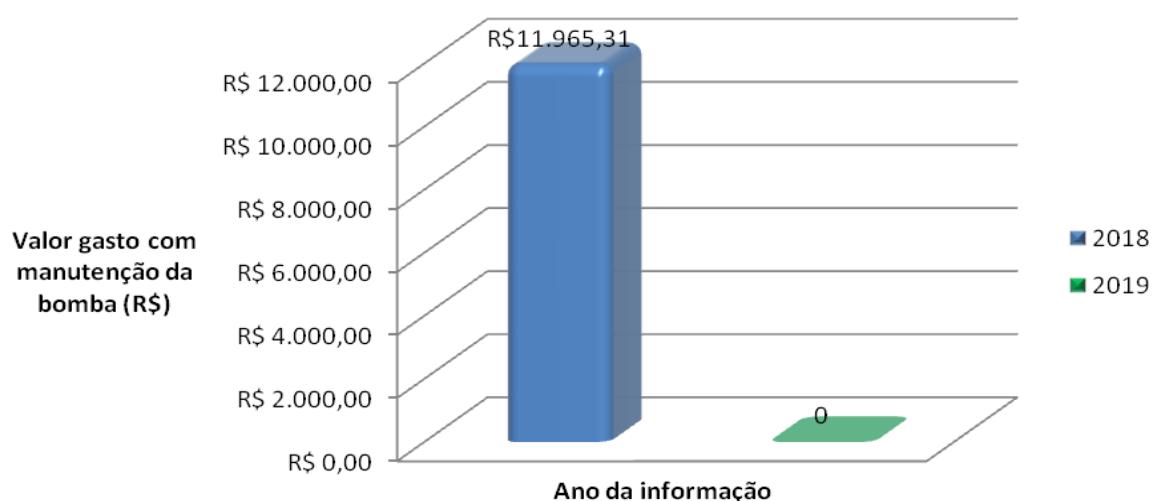
Gráfico 3 – Análise de gastos com a mão de obra devido à redução das horas homem trabalhada entre 2018 e 2019.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Em relação à bomba, foram medidos também os gastos com peças e insumos, sendo observada a diminuição dos gastos com a manutenção das mesmas. Devido à ausência de manutenções em 2019, os gastos com a bomba foram reduzidos, gerando uma economia de 100% em relação a 2018. Este resultado é ilustrado no Gráfico 4.

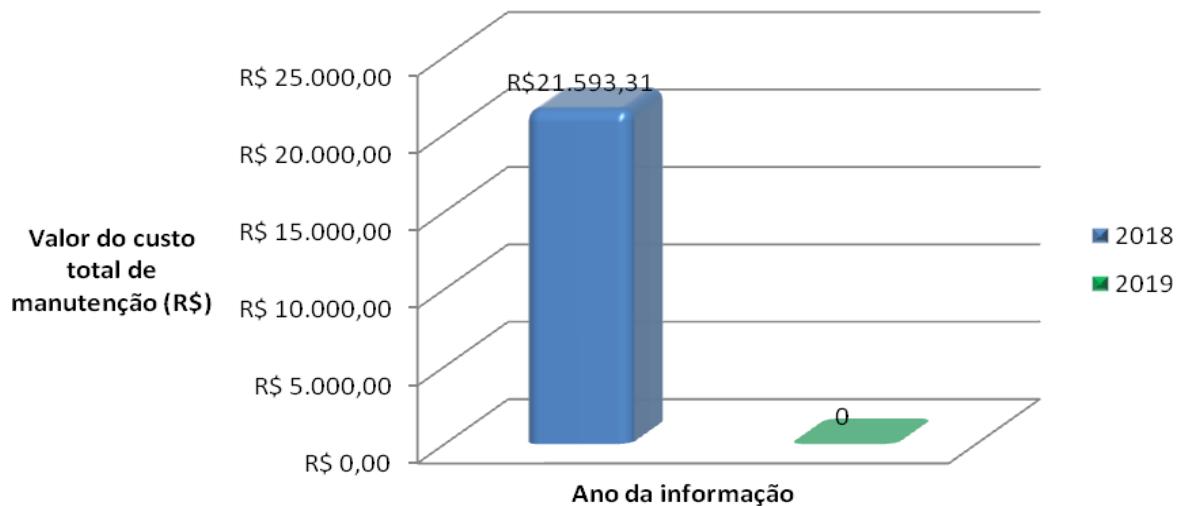
Gráfico 4 – Comparação de gastos de manutenção com a bomba entre os anos de 2018 e 2019.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Por fim, foi medida a redução total dos gastos com a bomba mausa de lóbulos, devido ao trabalho aplicado no sistema de bombeamento. Neste indicador foram somados todos os possíveis gastos, sendo assim, gerando um total de R\$ 21.593,31. O resultado pode ser visto no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Comparação dos custos totais de manutenção com a bomba entre os anos de 2018 e 2019.



Fonte: Autoria Própria (2019).

A filosofia Kaizen vem sendo aplicada e incentivada dentro das grandes empresas para melhorar a qualidade dos produtos e para diminuição das perdas. Filosofia esta que tem a possibilidade de ser aplicada em vários outros ramos e não apenas no quesito bombas mausa de lóbulos, e alcançando resultados bastante satisfatórios.

Feitosa (2017) aplicou a filosofia Kaizen em uma usina do setor sucroalcooleira, com a finalidade de melhorar o consumo de energia elétrica no processo. O autor realizou três melhorias no processo. A primeira mudança gerou 9,54% de ganhos, a segunda 59,24% e a terceira 12,50%, resultados que estão de acordo com os efeitos positivos alcançados pela aplicação da filosofia Kaizen no presente trabalho.

Em trabalho desenvolvido por Estanislau e Giroletti (2017), a aplicação do Kaizen na Siderurgia obteve resultados satisfatórios para a empresa, aumentando a produção, com menor quantidade de matéria prima, economizando recursos e equipamentos, com ações de curto prazo, ou seja, com resultado rápido após a implantação da filosofia Kaizen.

A filosofia Kaizen obteve bons resultados no setor aeronáutico segundo Faria (2015). No setor de pintura de pás a produtividade estava baixa e com a aplicação da filosofia Kaizen o ganho de produtividade semanal foi de 50%, além disso, melhorou em 22 dias o *Lead Time* de trabalho.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos foram satisfatórios para empresa, em termos de desempenho de processo e redução de custos, tendo em vista a redução no número de horas de manutenção necessárias na bomba e do valor economizado com materiais consumíveis utilizados no reparo do equipamento. Portanto, pode-se afirmar que a aplicação da filosofia Kaizen nas empresas consegue efetivamente reduzir as perdas durante o processo, diminuição de manutenções nos equipamentos e principalmente a redução de gastos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, F.M.D. Processo de fabricação do açúcar. 3.ed. Recife: Editora Universitária. 2009.

ANTONIO, N; TEIXEIRA, A; ROSA, A. Gestão da Qualidade: de Deming ao modelo de excelência da EFQM. Disponível em: <http://silabo.pt/Conteudos/8544_PDF.pdf>. Acesso em: 11 de Abril de 2019

BRANDÃO, A. Cana-de-açúcar: álcool e a açúcar na história e no desenvolvimento social do Brasil. Brasília: Horizonte, 1985.

BRUNETTI, F. Mecânica dos Fluidos. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2008.

ESPÍNDOLA, M. A. Kaizen em Vendas. Bacharelado em Análise de Sistemas. Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO 1997.

ESTANISLAU, P.H., GIROLETTI, D. A. KAIZEN: UMA METODOLOGIA INOVADORA NA SIDERURGIA.. Revista Ibero Americana de Estratégia [en línea]. 2017, 16(1), 91-98 ISSN: Disponível em:< <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331250415008>> Acesso em: 28/10/2019

FAHL, J.I.; CAMARGO, N.B.P.; PIZZINATTO, M.A.; BETTI, J.A.; MELO A.M.T.; DEMARIA, I.C. & FURLANI, A.M.C. (eds.). Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas, Boletim 200, ed. 6, IAC 1998.

FARIA. APRESENTAÇÃO DE UMA SISTEMÁTICA KAIZEN APLICADA EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR AERONÁUTICO. Disponível em <<http://revista.fepi.br/revista/index.php/revista/article/viewFile/288/225>> Acesso em: 28/10/2019

FEITOSA, I.M. Otimização do consumo de energia elétrica, estudo de caso

- numa usina sucroalcooleira.** Uningá Review, Maringá, v32, n. 1, 2017.
- FRANCISCO, B.H. Manual da Produção Açucareira. 1.ed.2018.
- HUGOT, E. **Manual da Engenharia Açúcareira.** 1ed. Editora Mestre Jou 1977.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Evolução da produção brasileira de cana, açúcar e etanol.** Unica: IBGE 2008.
- IMAI, M. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo;** tradução Cecília Fagnani Lucca. 3^a ed. IMAM 1990.
- MACHADO, F. **Brasil, a doce terra - História do Setor.** Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/historia_da_cana_000fhc62u4b02wyiv80efhb2attuk4ec.pdf>. Acesso em: 31 de Março de 2019
- OLIVEIRA, O. **Gestão da Qualidade: Introdução a história e fundamentos.** Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=V1mWIIuO3x4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=gest%C3%A3o+da+qualidaden+nas+empresas&ots=Yo9_NsKywt&sig=ATic1Q5Fmtu7o8fQDWS93fXyIRQ#v=onepage&q=gest%C3%A3o%20da%20qualidade%20nas%20empresas&f=fal_se>. Acesso em: 11 de Abril de 2019
- REIN, P. **A Engenharia do Açúcar de Cana;** tradução Cesar Miranda e Ericson Marino. 1^a ed. Editora D' Gonçalves. 2013.
- REUTERS. **Preço deixa produção de açúcar insustentável para 90% do setor.** Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/economia/preco-deixa-producao-de-acucar-insustentavel-para-90-do-setor-diz-tereos/>>. Acesso em: 03 de Abril de 2019
- SHIBA, S.; GRAHAM, A. & WALDEN, D.: **A new American TQM.** Portland, Productivity Press, 1993.