

**PARADA DE MANUTENÇÃO DO SETOR DE EXTRAÇÃO
DE CALDO POR DIFUSOR: ESTUDO DE CASO**
**MAINTENANCE DOWNTIME OF THE JUICE EXTRACTION
SECTOR BY DIFFUSER: CASE STUDY**

Bruno Ferreira Alcantara ¹
Enos de Meira Silva ²

RESUMO

Tomando como parâmetro a análise de causa raiz gerada por uma empresa de extração de cana-de-açúcar localizada no Triângulo Mineiro, o presente objetivou apresentar as etapas de manutenção preditiva e preventiva realizadas no difusor de extração de caldo da cana de açúcar. Após a realização do estudo, foi possível concluir que a inclusão das manutenções preventivas e preditivas no difusor de extração do caldo de cana de açúcar reduz consideravelmente o lucro cessante, aumentando a lucratividade da empresa.

PALAVRAS-CHAVE: Difusor. RCA. Manutenção.

ABSTRACT

Taking as a parameter the root cause analysis generated by a sugarcane extraction company located in the Triângulo Mineiro, the present objective was to present the predictive and preventive maintenance steps performed in the sugar and alcohol extraction diffuser. After conducting the study, it was concluded that the inclusion of preventive and predictive maintenance in the sugarcane juice extraction diffuser considerably reduces the lost profit, increasing the company's profitability.

KEYWORDS: Diffuser. RCA. Maintenance.

¹ Pós-graduando em Gestão da Manutenção Industrial, Faculdade Ítalo Bologna SENAI. Graduação em Engenharia de Controle Automação pelo Centro Universitário de Lins, UNILINS. **E-MAIL:** brunofalcantara@gmail.com. **CURRÍCULO LATTES:** lattes.cnpq.br/8781275838868540

² Pós-graduando em Gestão da Manutenção Industrial, Faculdade Ítalo Bologna SENAI. Graduação em Engenharia de Produção pela Faculdades Integradas Pitágoras, FIP/MOC. **E-MAIL:** enosmeira@hotmail.com. **CURRÍCULO LATTES:** lattes.cnpq.br/1537338203808748

INTRODUÇÃO

Determina-se por confiabilidade, a probabilidade que um dado equipamento tem em executar sua respectiva função adequadamente, durante um intervalo de tempo pré-estabelecido, sem cometer falhas (LAFRAIA, 2001). Neste contexto, o conceito de falhas pode ser definido como a incapacidade de um equipamento em desempenhar a função que lhe é requerida (SALGADO, 2008), sendo essa passível de redução frente ao adequado planejamento de manutenção de todos os sistemas que envolvem um processo de produção (KARDEC; NASCIF, 2012).

Frente do contextuado, a manutenção de um equipamento se faz necessária para restaurar e/ou prevenir a ocorrência e a reincidência de falhas nos sistemas e nos componentes envolvidos em um dado equipamento de produção (SALGADO, 2008). Essa manutenção, por sua vez, inserida no planejamento organizacional, tende a aumentar a confiabilidade da planta industrial, reduzindo as falhas e ascendendo na confiabilidade (KARDEC; NASCIF, 2012).

Mas, se a manutenção se faz tão importante para a confiabilidade de uma determinada indústria/equipamento, compreender os seus tipos e métodos é tão essencial quanto sua contextualização. Neste sentido, Germano (2018) destaca três tipos de manutenções: as corretivas; as preventivas; e as preditivas. Ainda de acordo com o autor loc. cit., a manutenção preventiva deve ocorrer de maneira planejada e em intervalos de tempo pré-definidos conforme equipamento em questão; já a manutenção preditiva tem por objetivo realizar uma inspeção dos parâmetros físicos deste equipamento.

Frente ao exposto, o presente trabalho traçou como objetivo geral apresentar as etapas de manutenção preditiva e preventiva realizadas para o difusor utilizado na extração de caldo da cana-de-açúcar de uma indústria localizada no Triângulo Mineiro. Com base neste objetivo foram traçados dois objetivos específicos: [i] apresentar

os processos atualmente utilizados para as manutenções, preventiva e preditiva da indústria em questão; e [ii] propor melhorias no plano de manutenção da empresa, referente às manutenções preventivas e preditivas.

Com base na contextualização geral, o presente trabalho se justifica pela importância das manutenções para o aumento da confiabilidade. Conforme relatado por Cordeiro (2015), as indústrias de Fabricação de açúcar e álcool, que antes detinham processos exclusivamente manuais, têm cada vez mais adotado equipamentos oriundos do progresso tecnológico, visando aumentar a lucratividade. Ainda em conformidade com literatura, no portal da Embrapa (2019) é informado que a extração destes insumos por meio do difusor expõe a necessidade de manutenção do equipamento, de modo que a produção não encalhe e a indústria obtenha maior agilidade no processo.

Frente ao exposto, o presente trabalho seguiu como os preceitos metodológicos uma abordagem qualitativa descritiva, de natureza aplicada, fazendo-se uso de um estudo de caso acerca das etapas de manutenção do difusor utilizado na extração do caldo.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ante o exposto na introdução, o presente trabalho reuniu uma revisão bibliográfica focada em três pontos: [i] a confiabilidade pautada na manutenção; [ii] descrição das manutenções preventivas e preditivas; e [iii] o processo de extração do caldo da cana pelo difusor.

CONFIABILIDADE PAUTADA NA MANUTENÇÃO

Os primeiros estudos a respeito do conceito de confiabilidade surgiram logo após a Primeira Guerra Mundial, associados à indústria aeronáutica, visando correlacionar o número de acidentes em aviões bimotores e quadrimotores com as horas de voo realizadas por eles (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011). Os autores loc. cit. ressaltam que o tempo que um

equipamento tem até que seja registrada uma falha é aleatório, porém pode ser quantificado via distribuição de probabilidades, sendo tipicamente modelado pela função de densidade acumulada em que a probabilidade de não falhar $R(t)$, tida como função da confiabilidade, somada à probabilidade de falhar $F(t)$ deve ser igual a um. Assim, Kardec e Nascif (2012) destacam que quanto maior a probabilidade de ocorrência de falha $F(t)$ menor será a confiabilidade $R(t)$ deste equipamento.

Ainda na direção conceitual de falhas, a normativa NBR-5462 (1994) adverte que um defeito só está associado a uma falha quando esse afeta diretamente o desempenho da função do equipamento; em contrapartida uma falha sempre está relacionada a algum tipo de defeito. Adicionando-se à NBR citada, Salgado (2008) avulta tal definição diferenciando os modos de falha, sendo o modo funcional referente à forma em que o sistema deixa de cumprir sua função; o modo físico referente a uma característica passível de ser observada a olho nu ou por equipamentos de visualização e estando esse associado ao processo de deterioração e/ou degradação do equipamento; e o modo mecânico referente ao processo que envolve um ou mais modos de falha.

Frente ao exposto, Kardec e Nascif (2012) destacam a importância da manutenção para a promoção tecnológica que envolve um processo produtivo. Malpaga (2013) aponta a cultura do conserto como o principal empecilho ao crescimento deste processo produtivo e ressaltam a importância do departamento de manutenção em qualquer que seja o ramo da empresa, visando evitar falhas e quebras tanto em máquinas como em instalações:

Implantar e praticar a engenharia da manutenção significa uma mudança cultural para a maioria das empresas. Significa deixar de ficar consertando continuamente, para procurar as causas fundamentais e gerenciá-las (MALPAGA, 2013, p. 7).

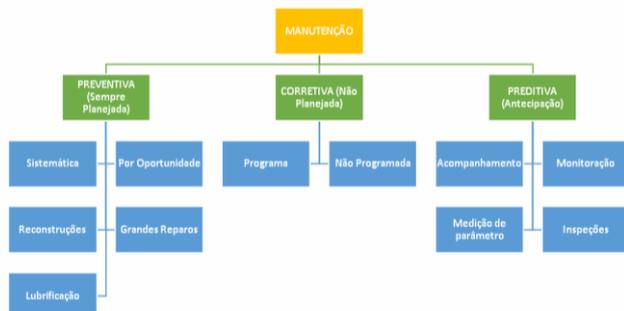
Deste modo entende-se que aumentar a confiabilidade de um determinado equipamento requer, obrigatoriamente, uma gestão adequada da previsão de falhas, de modo a possibilitar a adoção de medidas que reduzam os riscos para a organização (HELMAN; ANDRERY, 1995). Se deduz, então, que a manutenção de um equipamento está diretamente relacionada à rentabilidade de uma empresa, na medida que quanto mais bem estruturado for o planejamento de manutenções, maior a capacidade produtiva e menor serão os custos operacionais referentes a equipamentos (SOUZA, 2008).

Em conformidade com o que já foi exposto, Souza e Lima (2003) enaltecem a manutenção centrada na confiabilidade (RCM) como usualmente referenciada para determinação de requisitos básicos da manutenção. Moubray (2000) apud Souza e Lima (2003) elencam sete perguntas para a RCM, visando preservar os sistemas produtivos: [i] quais funções desempenhadas pelo ativo?; [ii] como o ativo falha?; [iii] o que causa a falha?; [iv] o que acontece quando falha?; [v] de que modo cada falha importa?; [vi] o que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?; [vii] o que deve ser feito caso não seja encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?.

Assim, diante deste exposto, Germano (2018), destaca dois tipos de manutenção para a confiabilidade do equipamento: a preventiva e a preditiva. Ainda segundo o autor loc. cit., a manutenção preventiva segue três bases: a manutenção no uso, cuja ação deve ser de inspeção; a manutenção no tempo, cuja ação deve ser de reparação; e a manutenção no projeto, cuja ação deve ser de substituição.

De forma mais abrangente e buscando atender as premissas da confiabilidade, a Associação brasileira de manutenção (Abraman, 2005) apresenta uma classificação dos três principais ramos da manutenção conforme figura 2.1.

FIGURA 2-1: classificação das principais manutenções



FONTE: Abraman (2005) apud Trojan, Marçal e Baran (2013).

MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Consoante às definições estabelecidas pela NBR 5462 (1994), Xenos (2014) ressalta que uma vez estabelecidas as manutenções preventivas, essas recebem caráter obrigatório no cotidiano industrial, de modo a evitar a ocorrência de uma determinada falha. Contador (2010) ressalta que quando inclusas no plano de ações da organização, as manutenções preventivas não implicam em interrupções inesperadas na produção. Monchy (1989) elenca alguns pontos positivos desta manutenção, dentre eles o aumento da confiabilidade.

De acordo com Kardec e Nascif (2012, p. 44) “a manutenção preventiva será tanto mais conveniente quanto maior for a simplicidade na reposição”. Isso porque, de acordo com os autores loc. cit., se por um lado essa manutenção permite um gerenciamento adequado de um equipamento, por outro ela perde em eficiência temporal visto a necessidade de remoção do equipamento ou do sistema para que ela seja executada. Estes mesmos autores ainda destacam que ante seu método de execução, a manutenção preventiva está sujeita a falhas humanas; contaminações; danos na parada; e até falhas em seu próprio procedimento.

Já no que tange as manutenções preditivas, Otani e Machado (2008) destacam a importância do acompanhamento do desempenho do equipamento visando definir o momento exato da intervenção. Para

Germano (2018), a manutenção preditiva compreende, a manutenção baseada na detecção; e a manutenção baseada na condição, cuja ação para ambas deve ser de inspeção.

Em seu livro, Lafraia (2001) destaca que no que se refere à manutenção preventiva, essa pode afetar diretamente a confiabilidade de um equipamento, visto seu objetivo em reduzir a taxa de falhas ocorrida num dado tempo de operação. Para Viana (2014), estas manutenções buscam prever a ocorrência de uma falha mediante acompanhamento do maquinário através do monitoramento e das medições estatísticas. O autor loc. cit. ainda ressalta que por intermédio das manutenções preditivas é possível prever o tempo correto da intervenção mantenedora, possibilitando que o componente seja utilizado em seu máximo de vida útil.

MANUTENÇÃO PREDITIVA

Reunindo conceitos, Nascif e Dorigo (2013) destacam a importância das etapas de manutenções serem incluídas no projeto de gestão da organização. Kardec e Nascif (2012) elencam como condições básicas para a manutenção preditiva: [i] o equipamento deve permitir tal monitoramento; [ii] economicamente deve ser viável, logo se o equipamento não é de tão relevância ao processo pode se manter fora deste padrão de manutenção; [iii] as falhas devem estar intimamente ligadas à progressão e ao monitoramento; e [iv] a indústria tenha um programa de acompanhamento bem estruturado e sistematizado. Apesar destes pontos, os autores loc. cit. destacam que “a manutenção preditiva é a que oferece melhores resultados, pois intervém o mínimo possível na planta” (KARDEC; NASCIF, 2012, p. 46).

Comparando as duas manutenções, preventiva e preditiva, Kardec e Nascif (2012) frisa a diferença versa o momento em que elas ocorrem. Para os autores lo. cit. enquanto a primeira objetiva garantir o bom

funcionamento de um equipamento; a segunda consiste em um monitoramento periódico do equipamento.

EXTRAÇÃO DO CALDO DA CANA POR DIFUSOR

As indústrias de açúcar e de álcool podem fazer uso de duas técnicas para a extração do caldo: a moenda e o difusor (NAZATO et al., 2011). Conforme explicado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas, entende-se por difusão o processo pelo qual duas soluções com diferentes concentrações separam-se uma da outra por uma membrana semipermeável, que permite a passagem do soluto em um intervalo de tempo já conhecido, e que, ao final do processo, obtêm-se soluções isotônicas (CAMARGO; USHIMA, 1990). De acordo com Anselmi (2003), a utilização do difusor na extração do caldo de cana traz vantagens como a automatização, que favorece a extração completa do caldo.

Biagi (2005) aponta como vantagem da extração do caldo pelo difusor o balanço energético que se sobressai à moenda, o que confere o Pol% do bagaço de até 1% enquanto na moenda chega a 2,3%. Neste sentido, Attuch (2007) destaca que os difusores podem gerar até 60 MW, o que é superior em até 4% com relação às técnicas mais tradicionais. Sermatec (2019) apontam que se considerada uma espécie de cana com 12,5% de fibra, a extração do caldo pelo difusor pode gerar uma economia de cerca de 10 MW por cada mil toneladas de cana processadas, totalizando uma redução de aproximadamente 70% dos custos com linhas de vapor vivo, além de demandar 40% menos capacidade instalada para aquecimento.

Frente a este exposto, entende-se que a extração do caldo pelo difusor além de reduzir custos de investimento no processo, o processo é parcialmente limpo Attuch (2007). O bagaço oriundo da extração da cana pelo difusor pode ser aproveitado para geração de energia.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O estudo foi realizado na área da manutenção centrada na confiabilidade, utilizando como fonte o estudo de caso realizado em uma empresa de extração do caldo de cana, localizada em Minas Gerais, na região do Triângulo Mineiro. A usina estudada foi construída no ano de 2008 e utiliza o difusor (Figura 3-1) para a extração do caldo da cana-de-açúcar.

FIGURA 3-1: esquema do difusor de cana desfibrada



FONTE: Foto do equipamento.

Em janeiro de 2016, na entressafra de 2015/1016 (S-15/16) foi realizada uma manutenção no difusor que detectou uma falha no rolamento do mancal do lado do acionamento do difusor. A manutenção desta falha gerou uma análise de causa raiz (RCA) (Figura 3-2) que apontou como causa da falha uma corrosão de contato no equipamento, decorrente de um ajuste incorreto do eixo. A partir da emissão desta RCA e demais análises de causa raiz que detectaram defeitos no equipamento foram determinadas novas medidas preventivas e preditivas para o difusor que vieram a ser implementadas na usina a partir da safra S-18/19.

FIGURA 3-2: cabeçalho da RCA do difusor, gerada na safra S-15/16.

ANÁLISE DE FALHA									
#001/2016									
Unidade:	ITT - Ituiutaba	Data:	20 / Jan / 2016	Horário:	10 e 00				
Custo total:	R\$ 180.000	Equipamento:	Difusor	TAG:	DIF07001				
Havia Manutenção Preventiva?	Sim	Última inspeção PM	10 / Dez / 2015	Existe FMEA p/ esse equipamento?	Não				
Havia Manutenção Preditiva?	Sim	Última inspeção PdM	14 / Dez / 2015	Qual % das ações do FMEA são seguidas?	0%				
Condição da Preditiva?	Verde	Se vermelho, descreva o que foi encontrado?	-						
Foi feita manutenção na entressafra?	Sim	O que foi feito na entressafra?	Na entressafra de 2014 o rolamento foi inspecionado pela empresa DM Montagens, não encontrando nenhum tipo de falha no componente, o alinhamento do conjunto também foi verificado.						

FONTE: planta do equipamento.

Assim, como base no plano de manutenção, adotou-se para o estudo de caso a evolução das ocorrências de paradas em três safras: 2017/2018 (S-17/18); 2018/2019 (S-18/19); 2019/2020 (S-19/20). A safra S-17/18 não apresentava ainda as novas manutenções preventivas e preditivas, tendo sido utilizada neste estudo apenas para nível de comparação.

ESTUDO DE CASO

Durante a safra S-17/18 foram registradas dezessete paradas no difusor, decorrente a quatro falhas: desengrenamento das correntes; quebra do rolamento; quebra do pino da corrente; e travamento da barra chata. A soma de todas estas paradas totalizou 164 horas sem extração o que, considerado um valor de R\$37.500,00 de lucro cessante por hora do equipamento parado, totalizou-se R\$6.150.000,00 de prejuízo nesta safra (Tabela 3.1-1).

TABELA 3.1-1: frequências absolutas das paradas do difusor, por falha registrada para S-17/18. Lucro cessante por hora = R\$37.500,00

PARADAS NO DIFUSOR	Ocorrências	Tempo de parada	Lucro Cessante
DESENGRENAMENTO CORRENTES	11	70h	RS 2.625.000,00
QUEBRA DE ROLAMENTO	1	68h	RS 2.550.000,00
QUEBRA DO PINO DA CORRENTE	2	11h	RS 412.500,00
TRAVAMENTO DA BARRA CHATA	3	14h	RS 562.500,00
	17	163h	RS 6.150.000,00

FONTE: produção própria.

Após o registro destas paradas, a usina adotou novas manutenções preventivas e preditivas que visaram a redução do lucro cessante e a melhoria da taxa de extração da sacarose pelo difusor (Tabela 3.1-2). Às manutenções acrescidas a partir da safra seguinte à apresentada, inclui-se uma manutenção preditiva à quebra do redutor, mesmo esta falha não tendo sido registrada para S-17/18. A inclusão desta manutenção,

mesmo sem ocorrência da falha anteriormente, deu-se pela importância do redutor ao bom funcionamento do difusor, sendo que, em caso de quebra, estima-se que sejam consumidas 72h para sua manutenção.

TABELA 3.1-2: descrição das manutenções preventivas e preditivas incluídas a partir da safra S-18/19 por falha registrada.

PARADAS NO DIFUSOR	Manutenções
DESENGRENAMENTO CORRENTES	Reajustamento das engrenagens Preventiva
QUEBRA DE ROLAMENTO	Raio-X do rolamento Preditiva
QUEBRA DO PINO DA CORRENTE	Ultrassom Preditiva
QUEBRA DO REDUTOR	Boroscopia e análise de vibração Preditiva
TRAVAMENTO DA BARRA CHATA	Inspeção por líquido penetrante Preventiva

FONTE: produção própria.

O Reajustamento das engrenagens se faz a partir da inclusão de um gabarito na engrenagem para observar os locais de desgaste e, então, posteriormente, realizar o enchimento destes desgastes com solda dura. Esta manutenção é realizada pela própria usina, sem custos extras referentes ao pagamento de uma empresa especializada.

As manutenções preditivas na indústria são realizadas por uma empresa especializada, visto a necessidade de utilização de equipamentos de alto custo e treinamento especializado para utilização dos mesmos. Todas as manutenções são realizadas no período de entressafras, sendo que cada safra se inicia em abril e finaliza em março do ano seguinte, porém o difusor funciona 24 horas por dia, todos os dias, entre o período de abril a dezembro. A parada de Entressafra ocorre normalmente em dezembro e finaliza no final de março, ou seja, somando quatro meses de manutenção.

A prioridade de atenção às falhas, ou seja, quais destacam um alerta mais crítico ao funcionamento da usina, caso ocorram, segue uma ordem decrescente das que apresentam maior tempo estimado à solução, para aquelas que apresentam menos tempo estimado para a solução. Neste sentido, a quebra do rolamento e a quebra do redutor são mencionadas como as falhas mais

importantes e a quebra do pino da corrente é aquela cujo alerta de preocupação é menos acionado (Tabela 3.1-3).

TABELA 3.1-3: tempo estimado para manutenção, por falha registrada, indicando grau de prioridade em ordem decrescente do tempo

<i>PARADAS NO DIFUSOR</i>	<i>Tempo estimado de manutenção</i>
<i>DESENGRENAMENTO CORRENTES</i>	6h
<i>QUEBRA DE ROLAMENTO</i>	72h
<i>QUEBRA DO PINO DA CORRENTE</i>	5h
<i>QUEBRA DO REDUTOR</i>	72h
<i>TRAVAMENTO DA BARRA CHATA</i>	5h

FONTE: produção própria.

Frente a isso, o presente estudo considerou as safras seguintes a S-17/18 visando compreender as progressões no funcionamento do difusor e na redução do lucro cessante a partir da inclusão de novas manutenções preventivas e preditivas.

ANÁLISE DOS DADOS

Nesta seção serão apresentados os dados referentes às alterações realizadas no plano de manutenção para se evitar as paradas mencionadas. Para tanto, a seção se subdividirá pelas safras de 2018/2019 (S-18/19) e 2019/2020 (S-19/20).

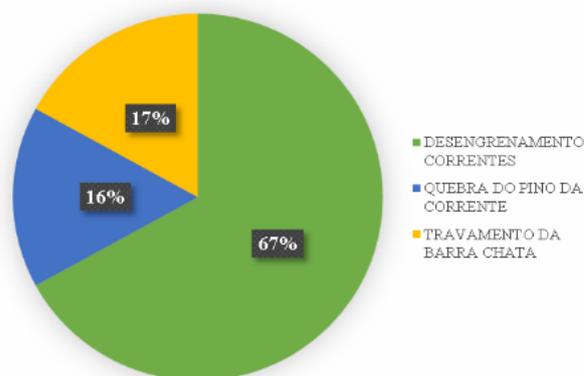
O estudo pautado em uma RCA se deu pela importância deste documento para o bom funcionamento de um equipamento industrial. A partir da RCA gerada na safra S-15/16 foram estabelecidas novas medidas de manutenção para o difusor. Corroborando com esta metodologia de elaboração da RCA para a determinação de novas manutenções em um equipamento, Percaprio e Watts (2013) afirmam que este é um método auxiliar para a identificação de um determinado evento, bem como de sua causa. Segundo os autores loc. cit. esta análise é dada por meio de questionamentos detalhados do que ocorreu, como ocorreu e porque ocorreu. Feldman (2008) destaca que além de não ser uma metodologia simples, a RCA faz uso de uma série de técnicas como a análise de barreiras; a

análise de mudanças; o diagrama de Ishikawa; a análise de Pareto; as árvores das causas e efeitos entre outros métodos, fazendo com que ela não se resume a encontrar um problema, mas sim propor soluções para ele.

SAFRA 2018/2019 (S-18/19)

A safra S-18/19 foi a primeira ocorrida após a implementação de novas manutenções preventivas e preditivas para se evitar e/ou reduzir as paradas no difusor registradas para os anos anteriores. No que se refere às paradas, foram observadas apenas seis ocorrências nesta safra, sendo àqueles referentes ao desengrenamento das correntes a de maior expressividade, totalizando 67% do total (Figura 4.1-1)

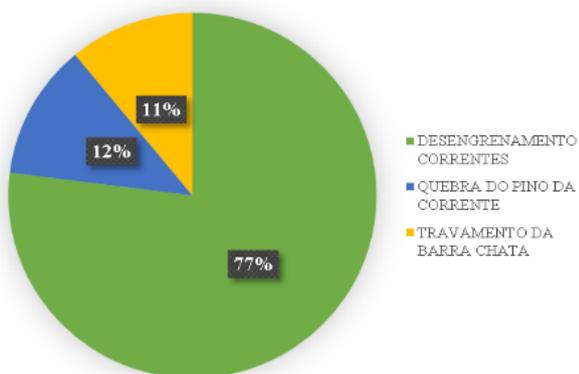
FIGURA 4.1-1: frequência relativa do número de ocorrência nas paradas do difusor, por falha registrada



FONTE: produção própria.

No que tange ao total de horas em que o difusor ficou parado, considerando apenas as falhas ocorridas, observa-se que o desengrenamento, como esperado, somou o maior número de horas (Figura 4.1-2).

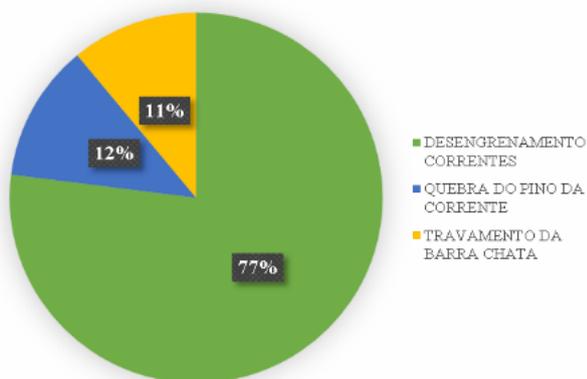
FIGURA 4.1-2: frequência relativa do tempo (em horas) de parada do difusor, por falha registrada, em um total de 46h17



FONTE: produção própria.

Considerado o lucro cessante de R\$37.500,00 por hora de parada, a S-18/19 somou uma perda de R\$1.713.750,00 sendo que o desengrenamento das correntes foi responsável por R\$1.312.500,00 de lucro cessante, o que corresponde a quase 80% do valor total deste prejuízo (Figura 4.1-3).

FIGURA 4.1-3: frequência relativa lucro cessante referente às paradas do difusor, por falha registrada



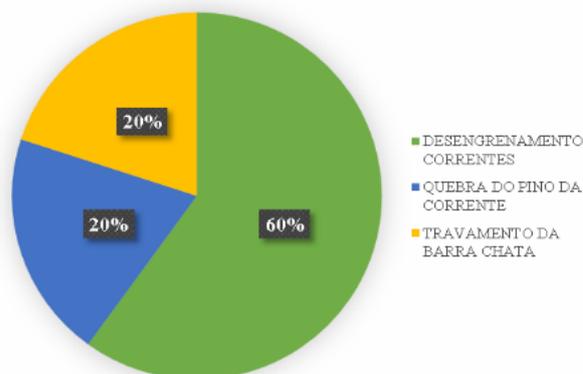
FONTE: produção própria.

SAFRA 2019/2020 (S-19/20)

A safra em questão foi a segunda após a inclusão de novas manutenções preventivas e preditivas para se evitar e/ou reduzir as paradas no difusor registradas para os anos anteriores. No que se refere às paradas, foram observadas apenas cinco ocorrências nesta safra, sendo àquelas referentes ao desengrenamento das correntes a

de maior expressividade, totalizando 60% do total (Figura 4.2-1)

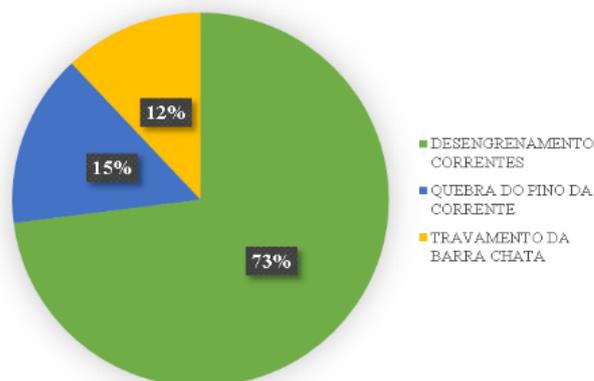
FIGURA 4.2-1: frequência relativa do número de ocorrência nas paradas do difusor, por falha registrada



FONTE: produção própria.

No que tange ao total de horas em que o difusor ficou parado, considerando apenas as falhas ocorridas, observa-se que o desengrenamento, como esperado, somou o maior número de horas (Figura 4.2-2)

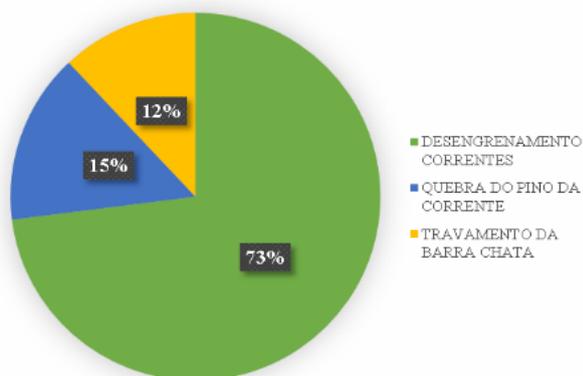
FIGURA 4.2-2: frequência relativa do tempo (em horas) de parada do difusor, por falha registrada, em um total de 46h17



FONTE: produção própria.

Considerado o lucro cessante de R\$37.500,00 por hora de parada, a S-19/20 somou uma perda de R\$1.447.500,00 sendo que o desengrenamento das correntes foi responsável por R\$1.050.000,00 de lucro cessante, o que corresponde cerca de 73% do valor total deste prejuízo (Figura 4.2-3).

FIGURA 4.2-3: frequência relativa lucro cessante referente às paradas do difusor, por falha registrada



FONTE: produção própria.

Ainda que não tão expressivo nesta última safra, o lucro cessante mostra-se em tendência a redução. A sua baixa redução na última safra possivelmente deve-se ao fato de o equipamento estar aproximando-se do final de sua vida útil. Frente a todo exposto e pautando-se em conhecimento já amplamente discutido na literatura, observa-se os benefícios das manutenções preventivas e preditivas.

Conforme descrito por Zaians (2003), a manutenção preventiva apresenta vantagens no que tange o bom funcionamento de um equipamento, que tem a parada apenas para consertos em horas programadas. O autor loc. cit. menciona ainda como vantagem a continuidade da produção já que a partir destas manutenções os equipamentos estabelecem um grau de confiabilidade elevado.

Ainda que suas vantagens sejam evidentes, Guimarães (2005) destaca que muitas vezes as manutenções preventivas, pela própria concepção conceitual, tendem a incluir no mercado equipamentos cujo tempo de vida útil já foi extrapolado e, pelo histórico de falhas, já deveria ter sido substituído.

Já no que tange as manutenções preditivas, Pinto e Xavier (2001, p. 41) ressaltam que elas indicam reais condições de um equipamento “com base em dados que informam o seu desgaste ou tendência de degradação”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reiterando-se do objetivo geral deste trabalho: “apresentar as etapas de manutenção preditiva e preventiva realizadas para o difusor utilizado na extração de caldo de uma indústria de açúcar e álcool localizada no Triângulo Mineiro” é possível concluir que, após a inclusão das manutenções preventivas e preditivas, o difusor utilizado para a extração do caldo da cana apresenta maior produtividade e, com isso a diminui-se o lucro cessante.

Conforme esperado cita-se entre os pontos favoráveis

à implementação destas manutenções, o fato de a manutenção preditiva reduzir consideravelmente as paradas por quebras inesperadas, além de, conseqüentemente, culminar em uma redução de custos decorrentes da troca de equipamentos. Já no que diz respeito a um ponto negativo pode-se citar custos decorrentes destas manutenções.

Por fim, propõe-se a continuidade deste estudo, em monitoramento por pelo menos mais cinco anos, incluindo detalhamento das paradas e, se possível, custos de manutenção, que visem maior robustez nos dados de previsibilidade até mesmo a serem aplicados a uma nova rotina de manutenção para os novos equipamentos que deverão chegar após o final da vida útil dos que estão em ação. Também se propõe medição de variáveis que possibilite associação da frequência destas manutenções com o tempo de vida útil do equipamento.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, André Ricardo. Portal Embrapa. Disponível em: <encurtador.com.br/cfG00>. Acesso em: 8 set 2019.
- ANSELMINI, Renato. Portal Jornal Cana. Disponível em: <encurtador.com.br/fIL89>. Acesso em: 30 set 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: **Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1994.

ATTUCH, Leonardo. Portal Dinheiro Rural. **As usinas do futuro**, p. s/p, 2007. Disponível em: <encurtador.com.br/stPS1>.

CAMARGO, Carlos Augusto De; USHIMA, Ademar Hakuo. **Conservação de Energia na Indústria do Açúcar e Alcool: manual de recomendações**. 1. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1990.

CONTADOR, José Celso. **Gestão de Operações: a engenharia da produção a serviço da modernização da empresa**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

CORDEIRO, Heyder Alves. **Planejamento e Controle de Manutenção para moendas de extração de caldo de cana**. 2015. 53 f. Universidade de Rio Verde, 2015.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade de manutenção industrial**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

GERMANO, Arthur Oliveira. **Efeitos da implantação de manutenções preventivas na produtividade: indústrias Becker**. 2018. 62 f. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2018.

HELMAN, Horacio; ANDRERY, Paulo Roberto Pereira. **Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA**. 1. ed. Belo Horizonte: Fundação Christino Ottani, 1995.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção: função estratégica**. 4. ed. [S.l.]: Qualitymark, 2012.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. 3. ed. [S.l.]: Qualitymark, 2001.

MALPAGA, Isaac. **O departamento de manutenção**. 1. ed. Joinville: Clube dos Autores, 2013.

MONCHY, François. **Função Manutenção**. 2. ed. São Paulo: Durban, 1989.

NASCIF, Júlio; DORIGO, Luiz Carlos. **Manutenção orientada para resultados**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

NAZATO, Carina e colab. Moenda x Difusor: diferentes pontos de vista sobre o assunto. **Bioenergia em revistas: diálogos**, v. 1, n. 1, p. 129–139, 2011.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista Gestão Industrial, v. 4, n. 2, p. 1–16, 2008.

SALGADO, Marcia de Fatima Platilha. **Aplicação de técnicas de otimização à Engenharia de Confiabilidade**. 2008. 122 f. Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

SERMATEC, Zanini. Portal Sermasa. Disponível em: <<https://www.sermasa.com.br/pt/solucoes/difusor-de-cana>>. Acesso em: 28 set 2019.

SOUZA, Strauss Sydio De; LIMA, Carlos Roberto Camello Lima. **Manutenção centrada em confiabilidade como ferramenta estratégica**. 2003, Ouro Preto: ABEPRO, 2003. p. 1–8.

SOUZA, Rafael Doro. **Análise da gestão da manutenção focando a manutenção centrada na confiabilidade: estudo de caso MRS Logística**. 2008. 54 f. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM: **Planejamento e Controle da Manutenção**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2014.

XENOS, Harilaus. **Gerenciamento a Manutenção Produtiva**. 2. ed. Nova Lima: Falconi, 2014.