

REDUTOR PLANETARIO E A PERFORMANCE DO ÓLEO ISO VG 460 EP EM SISTEMAS DE TRANSMISSÃO INDUSTRIAL

Cleitton Aparecido da Silva ¹

Anderson Inácio Junqueira Júnior²

RESUMO

O presente estudo procurou verificar a utilização de redutores planetários nas mesas alimentadoras de unidades de processamento de cana de açúcar e o quão são comuns a sua utilização e lubrificação. Entretanto, as condições de trabalho extremas oferecem uma grande perda de performance em função da temperatura no trabalho do óleo lubrificante. Este é um estudo comparativo, pois aborda a variação de eficiência em redutor planetário dotado com uma unidade de arrefecimento e de filtração. Devido ao grande efeito de desgaste ocasionado durante um período de safra, através dos resultados de análises de amostras coletadas e do monitoramento da temperatura no trabalho, notou-se que nas unidades de arrefecimento e filtração se mostraram bastantes eficientes quando relacionados à performance do óleo lubrificante. Os dados avaliados concluíram que a performance dos redutores planetários se tornam mais eficiente com a utilização de um sistema de filtração e arrefecimento, em função de sua capacidade de manter a temperatura do óleo lubrificante dentro dos padrões de trabalho especificados pelo fabricante.

Palavras-chave: Óleo lubrificante. Redutor Planetário. Arrefecimento. Filtração.

¹ Graduando em Bacharelado em Engenharia de Mecânica

² Orientador, Professor Ms. da Universidade de Rio Verde

1. INTRODUÇÃO

Os redutores planetários são essenciais nas usinas de cana-de-açúcar, devido à alta capacidade de transmissão de torque, essencialmente importante para o processo de extração de caldo por meio de moendas. Para esses sistemas de transmissão é imprescindível um sistema de lubrificação para redução de atrito que auxilie no arrefecimento do equipamento, na remoção de impurezas e previna a oxidação que ocasiona a corrosão (COSTA JÚNIOR, 2013).

Os óleos lubrificantes minerais são muito utilizados, devido às suas propriedades, seu custo e desempenho, melhorando a disponibilidade e confiabilidade do equipamento, (BELINELLI, 2011).

Sistemas de extração de caldo sofrem variações de processos como, por exemplo, o tipo e as condições as quais as canas-de-açúcar chegam na planta industrial, em conjunto com mudanças de parâmetros de processo, acarretando grandes variações de temperaturas nos redutores do sistema de mesas de alimentação de moenda, podendo ultrapassar faixas de temperaturas de trabalho recomendadas pelo fabricante do óleo lubrificante. Essas oscilações térmicas nestes redutores são responsáveis por diversas interrupções e reduções de processo, ocasionando o Inter travamento nas mesas alimentadoras.

Dada as condições extremas de trabalho, o propósito geral desse trabalho é avaliar a variação de performance do óleo lubrificante, utilizando um comparativo com dois redutores utilizando óleo mineral ISO VG 460 EP, num dos redutores possui sistema de arrefecimento e filtragem, enquanto que o outro não possui nenhum desses equipamentos. O objetivo específico é determinar, durante o período de safra, a presença de elementos contaminantes e sua origem, seja externa e/ou de desgaste através de análises químicas e físicas, com laudos tribológicos, para avaliação de desempenho do sistema lubrificado.

Dessa forma, é importante a avaliação desse lubrificante, para identificar a faixa de temperatura para que se possa trabalhar antes que entre em saturação em função do tempo e das condições de trabalho, daí a importância de um sistema de arrefecimento e filtragem do óleo lubrificante para de garantir um melhor desempenho da máquina num período de tempo. Sendo de suma relevância para o setor sucroalcooleiro o acompanhamento preditivo dos equipamentos, isso porque eles estão submetidos as condições climáticas no decorrer da safra.

A metodologia deste trabalho foi baseada em fundamentações teóricas em pesquisas bibliográficas, além de análises tribológicas do óleo de ambos os redutores em períodos regulares para identificar e quantificar os agentes contaminantes.

1.1. REVISÃO DE LITERATURA

A literatura utilizada ofereceu uma fundamentação no que se diz respeito aos princípios de lubrificação, bem como as características imprescindíveis dos óleos lubrificantes, sobretudo das especificações dos óleos minerais, aos quais o objeto de estudo pertence.

1.1.1. Princípios de lubrificação

Costa Júnior (2013) aponta que a função dos lubrificantes é a prevenção de desgaste de elementos de máquinas que trabalham em movimento, criando uma película (filme) na superfície de contato reduzindo o atrito. Os lubrificantes também ajudam no arrefecimento do equipamento. Ao garantir essa efetividade, aditivos são aplicados para otimizar a performance do óleo lubrificante. O lubrificante só será adequado a determinado sistema, com uma mistura de aditivos, por isso é preciso uma avaliação experimental para que se possa avaliar a eficiência quanto à proteção ao desgaste em função de ensaios tribométricos.

Em função da movimentação de certos elementos de máquinas, caso haja atrito entre as partes esta pode proporcionar cisalhamento e alterações térmicas reduzindo a confiabilidade e eficiência do equipamento em função da falta ou ineficiência de lubrificação (BELINELLI, 2011).

Gândara (2000) ressalta que a principal propriedade dos óleos de lubrificação é a viscosidade, pois é a partir dela que se formula o parâmetro que determina o atrito ocorrido entre as partes móveis. O efeito abrasivo causado por falta de lubrificação promove o cisalhamento causado por arraste de material.

Entretanto, Belinelli (2011), ressalta que as utilizações de óleos lubrificantes são determinadas, em alguns casos, para arrefecimento dos elementos de máquinas.

A importância do filme lubrificante foi algo comprovado por experimentos de Tower e Petrov, em 1883, onde identificaram uma pressão hidrodinâmica que separava completamente as superfícies dos elementos. Os sistemas com elementos dinâmicos podem estar sobre 4 tipos de regimes de lubrificação. Podendo ser de regime elastohidrodinâmico, hidrodinâmico, limítrofe e misto. Cada um desses regimes possuem determinados tipos de características em seus filmes lubrificantes., que dependerão do regime de trabalho de cada equipamento (COSTA JÚNIOR, 2013).

No regime limítrofe, ocorre uma irregularidade no fio lubrificante podendo causar, conforme a variação de rugosidade das superfícies metálicas, um contato direto dentre os componentes. Esse processo é bastante eminente em sistemas de baixa rotatividade e de altas cargas, que desfavorecem a linearidade do fio lubrificante. O regime misto ocorre por um período transigente dentre as faixas do regime limítrofe e elastohidrodinâmico (COSTA JÚNIOR, 2013).

A região elastohidrodinâmico possui um filme lubrificante dependente da deformação e da rugosidade superficial das partes móveis para que se possa criar um filme mais espesso, apesar de que seu fino fio lubrificante já é o suficiente para o favorecimento de um filme lubrificante mais espesso devido ao seu auxílio na formação de pressão hidrodinâmica. O regime hidrodinâmico é o mais efetivo quanto à lubrificação, pois não possui contato entre as superfícies e o atrito passa a ser determinado em função da viscosidade do fluido, já que não se tem o contato entre as partes móveis, assim, o cisalhamento ocorre nas camadas do fluido (COSTA JÚNIOR, 2013).

1.1.2. Óleos Minerais

Devido ao grande volume utilizado de óleo lubrificante em uma planta industrial, os óleos minerais, por terem um menor custo, são amplamente utilizados. Eles são classificados de acordo com o processo de refino, sendo eles: óleo de base parafínica, naftênica e de mistura de base (BELINELLI, 2011).

Os óleos à base parafínica possuem hidrocarbonetos cerosos em grande quantidade, com pouca quantidade, ou nenhuma, de material asfáltico e, longas cadeias constituídas de naftenos. Eles são estáveis e tem alta resistência quanto a intervenções químicas e são muito resistentes em ambientes com temperatura próximas a temperatura ambiente e de alta propensão à oxidação, tem baixa densidade e alterações na viscosidade em função da temperatura (BELINELLI, 2011).

Já os óleos à base de naftênicos é o inverso, com larga escala de material asfáltico e baixa quantidade de material ceroso e possui baixa viscosidade. São utilizados mais frequentemente para fabricação de lubrificantes para trabalho com baixas temperaturas. A mistura de bases possuem ambos os tipos de materiais, ceroso e asfáltico, porém, as propriedades do óleo vão depender da proporção de cada um desses materiais (SANTOS, 2010).

Maia (2009) compara algumas características principais de acordo com o tipo de base do óleo mineral, parafínico e naftênico, conforme apontado na TABELA 1.

TABELA 1 – Características principais dos óleos minerais em função do tipo de base

Características	Parafínicos	Naftênicos
Ponto de fluidez	Alto	Baixo
Índice de viscosidade	Alto	Baixo
Resistência à oxidação	Grande	Pequena
Oleosidade	Pequena	Grande
Resíduo de carbono	Grande	Pequeno
Emulsividade	Pequena	Grande

Fonte: Maia, 2009.

Quartezani (2013) afirma que o alto desempenho do equipamento é extraído quando se utiliza o óleo lubrificante adequado garantido a confiabilidade, mas também é preciso que se tenha realizado a aplicação correta para que não ocorra excesso ou falta de óleo e até mesmo a deterioração do fluido lubrificante.

Os óleos são classificados em três grupos, de acordo o grau de viscosidade (VG), o teor e enxofre. São eles: o grupo 1, que possui índice de viscosidade na faixa de 85 a 95 cSt; grupo 2, com esse teor na faixa de 96-119 cSt e; o grupo 3 de 126-135 cSt de grau de viscosidade (CANCHUMANI, 2013).

Para melhoramento na performance dos óleos lubrificantes são realizado a adição de aditivos, que possuem características específicas que os óleos não possuem originalmente. Os principais aditivos são: os agentes de extrema pressão (como é o caso dos redutores planetários), os de modificação de desgaste, antidesgaste, antioxidantes, antiespumantes, e também os que otimizam o índice de viscosidade. Os aditivos que atuam em sistemas com extremas pressões atuam diretamente na formação de um filme mais espesso, trabalho em regime hidrodinâmico. Cada uma dessas aplicações altera, especificamente, na natureza química e nas características físicas do lubrificante (COSTA JÚNIOR, 2013).

1.1.3. Propriedades dos Óleos Lubrificantes

A viscosidade é a resistência de um determinado fluido que ocorre durante a movimentação de suas partículas constituintes quando em movimento, ou seja, resistência oferecida quando se tem a transferência de massa. Essa transferência se dá devido ao fenômeno de cisalhamento causado pelo contato direto entre os elementos de máquinas móveis. A viscosidade pode ser classificada em viscosidade absoluta e cinemática. Porém, ela

pode variar de forma acelerada devido à mudança de temperatura, mas existem fluídos aos quais possuem viscosidades constantes, chamados fluídos newtonianos, que mantem a propriedade viscosa independentemente da taxa de cisalhamento (GUIMARÃES, 2006).

O ponto de fluidez é determinado de acordo com a temperatura do fluído, no qual se busca uma faixa de temperatura que se possa identificar até que ponto se consegue obter uma fluidez e é conhecido como ponto de congelamento ou ponto de gota (MAIA, 2009). Quando em fase de testes é aplicado uma técnica de resfriamento, o intuito é avaliar o desempenho em condições com baixas temperaturas (GUIMARÃES, 2006).

O ponto de fulgor é onde se tem o menor ponto de temperatura do lubrificante para que os vapores contidos se desprendam e “explodam”. Outro fator importante a respeito do ponto de fulgor é que em caso de contaminação, por compostos voláteis, se tem uma baixa nesse ponto, oferecido nas especificações do fabricante (GUIMARÃES, 2006).

O índice de viscosidade é a sensibilidade do fluído determinada pela variância das faixas de temperaturas e da composição de base o óleo lubrificante (MAIA, 2009). Assim, a viscosidade fica influenciada pela temperatura na qual o regime de trabalho se submete (GUIMARÃES, 2006).

Segundo a Organização Internacional de Normalização, os óleos são classificados de acordo com o grau de viscosidade (VG), que especifica as faixas de temperatura e o tipo de lubrificante mais adequados para cada unidade de transmissão. A viscosidade é dada por milímetro quadrado por segundo (mm^2/s), e que é igual a um centiStoke (cSt) (QUATERZANI, 2013).

1.1.4. Lubrificação em Redutores Planetários

Moventas (2005) apud Quaterzani (2013) apontam que a quantidade de óleo influência na viscosidade e, também na performance dos elementos de máquinas com redutores. Ele ainda ressalta que o óleo quando acrescido com 15% a mais da quantidade recomendada pelo fabricante tende a aumentar a viscosidade tornando mais difícil o arrefecimento, o que leva a alterar a faixa de temperatura em cerca de 15 a 20°C. Quando o nível de óleo é inferior ao recomendado se tem um déficit em lubrificação, já que as engrenagens não conseguem realizar a lubrificação por chapinhagem, na qual o óleo é borrifado para o conjunto através de uma parte móvel, geralmente no eixo. Ele ainda enfatiza ,que os óleos minerais devem ser trocados em intervalos de um ano, sendo que as temperaturas de trabalho não devem

ultrapassar 80°C. Alguns elementos de máquinas, em função da lubrificação, tendem a afetar a performance e a confiabilidade do equipamento, caso ocorra ineficiência no filme lubrificante, ocasionado pela falta, excesso ou saturação do óleo lubrificante.

Redutores planetários são formados por um conjunto de engrenagens e eixos-árvores que transmitem com maior eficiência que os demais redutores. Eles possuem grande capacidade de transmissão de momentos de força em função das cargas distribuídas por entre as engrenagens planetárias. O torque de entrada, torque promovido pelo acionamento (motor ou turbina), é aplicado na engrenagem central intitulada de pequena solar, acoplada ao eixo do acionamento. A pequena solar transmite o torque para engrenagens periféricas, as planetárias, que distribuem e ampliam o torque para a grande solar na qual movimentam o equipamento a ser acionado (MOVENTAS, 2005).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Presente estudo tem por finalidade analisar a performance do óleo lubrificante ISO VG 460 EP produzido pela Shell Omala, através de uma análise comparativa entre dois redutores planetários idênticos. Sendo que um redutor dos redutores é dotado de um sistema de filtragem e de arrefecimento, já o outro não. Essa linha de óleos lubrificantes minerais são de base parafínica com índices de viscosidade altos utilizados, rotineiramente, em caixas de transmissões de engrenagens. Essa linha contém aditivos anticorrosivos, antioxidantes, antiespumante usados em sistemas com pressões elevadas. Sua constituição base inclui fósforo-enxofre. O óleo ISO VG 460 possui viscosidade de 443 cSt (a 40°C), 29,9 cSt (a 100°C). Seu índice de viscosidade, conforme a norma ASTM D-2270, de 96 (adimensional) e seu ponto de Fulgor COC, conforme ASTM D-92, de 262°C.

A Figura 1 (a) mostra o redutor do conjunto de alimentação de mesa de moenda com sistema de filtragem e arrefecimento de óleo lubrificante que será apresentado o sistema de avaliação de performance do óleo sendo submetido a filtração e refrigeração enquanto a imagem “B” da Figura 1 o conjunto semelhante, está sem o sistema de filtragem e arrefecimento. Os redutores são do mesmo fabricante e de mesmo modelo.

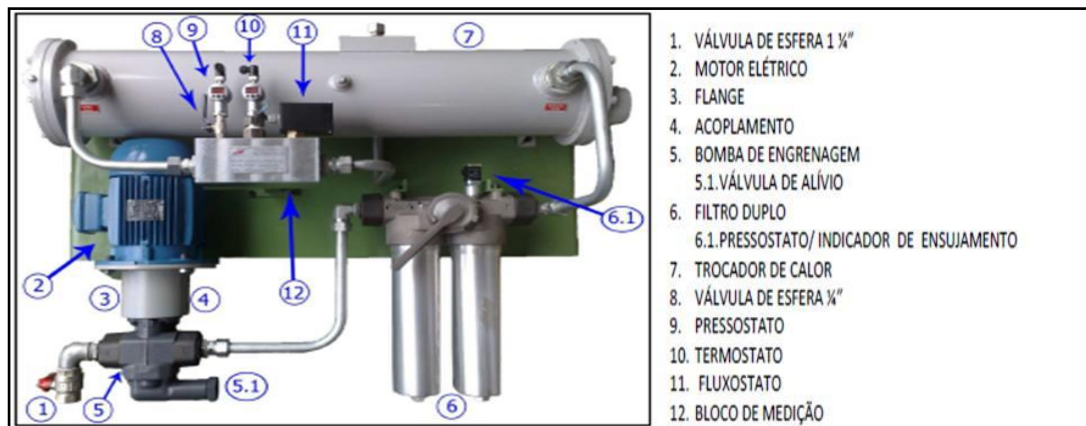
FIGURA 1 – Redutores planetário Marca SEW-EURODRIVE modelo P30 utilizados para comparações, sendo que (a) possui unidade de arrefecimento e filtragem (destacado); Redutor sem unidades de tratamento do óleo (b);



Fonte: Arquivo do autor, 2016.

O conjunto de filtragem e arrefecimento estão acoplados em uma só unidade onde o óleo passa através de uma bomba, tipo engrenagem, e passa através de um sistema de filtragem que possui dois filtros e uma válvula seletora do filtro, porém o fluido passa por somente um dos mesmos e, posteriormente, passa pelo trocador de calor para, depois, retornar ao redutor. A FIGURA 2 esboça o sistema ao qual é utilizado no redutor da Mesa 2. O sistema de arrefecimento foi projetado com o intuito de reduzir a temperatura do óleo para que o lubrificante trabalhe com a faixa de temperatura aproximada da qual é exigida pelo fabricante, apesar das condições de trabalho oferecer exposição a fatores climáticos.

FIGURA 2 – Modelo de um sistema de arrefecimento e filtragem.



Fonte: Arquivo do autor, 2016.

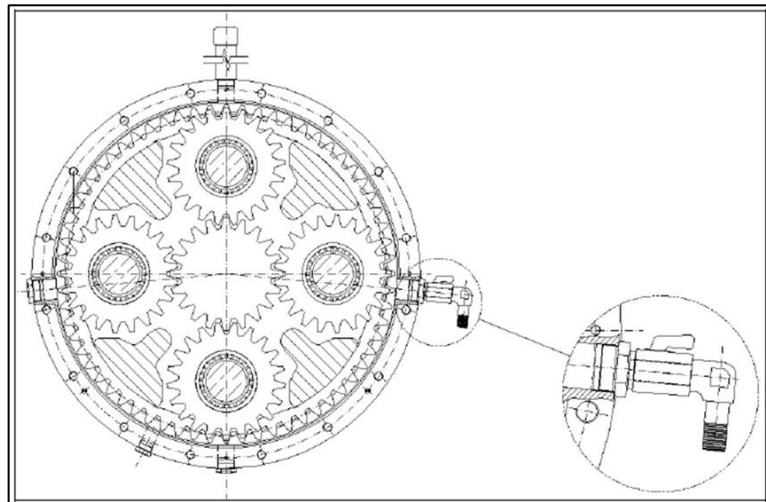
O trocador de calor tem o óleo lubrificante com temperatura de entrada com 60°C e com saída, retornando para o redutor com temperatura de 40°C. As medições da temperatura do óleo são realizadas através de termômetro digital com laser infravermelho por períodos

regulares predeterminados pelo o Planejamento de Controle de Manutenção Preditiva, conforme Check-list. As medições realizadas, no fim da safra, são mantidas em um banco de dados para efetuar uma média mensal de temperatura para análise das condições efetivas que influem na integridade e conformidade do equipamento.

Os redutores possuem a mesma relação de potência, torque e tração condicionadas com o mesmo regime e condições de trabalho.

As coletas foram realizadas mensais em cada redutor durante o período da safra, de abril/2015 a dezembro/2015. A FIGURA 3 aponta um modelo de coletor existente no redutor, onde cada coleta foi retirada com a quantidade de 100 ml, não havendo a necessidade de reposição, mas em função das intervenções em função das tratativas aplicadas na reposição do óleo que reposto de forma a compensar a quantidade de óleo retirada. As coletas eram marcadas com Tags e numeradas de forma sistêmica com descrições e prescrições a serem adotadas quanto ao resultado das análises.

FIGURA 3 – Exemplo de coletor para coleta de amostras.



Fonte: Arquivo do autor, 2016.

2.1. Ensaio Tribológicos

Conforme a norma ASTM D5185, as amostras foram submetidas a análises tribológicas, para indicar a presença de elementos contaminantes e sua origem, podendo ser de natureza externa ou proveniente de desgaste, podendo ser por abrasão, reação tribo química ou fadiga superficial.

Os fatores físico-químicos também foram de suma importância para análise de performance, aos quais serão descritos com a viscosidade e água, com as normas

especificadas nos laudos. Assim, foi possível analisar a quantidade, forma e tamanho das partículas existentes nas amostras.

Por intermédio do espectrofotômetro se teve a quantidade e concentração de solutos, no caso, elementos contaminantes, nas amostras coletadas, onde foi projetada uma luz para as provetas contendo as amostras, assim se conseguiu calcular a quantidade de luz absorvida pelos solutos em função da variação da intensidade da luz. Cada molécula, em de acordo com suas propriedades tendem a absorver a luz em frequências específicas determinando a quantidade de moléculas, em partes por milhão (ppm), existentes na solução. Lembrando que cada tipo de molécula responde a uma determinada frequência da luz.

Através de um espectrofotômetro é possível determinar a aparição de 18 elementos, sendo eles: alumínio, cobre, cromo, ferro, silício, chumbo, zinco, estanho, molibdênio, níquel, sódio, prata, boro, bário, magnésio, manganês, titânio e vanádio. Porém serão exibidos somente os elementos aos quais possuem valores elevados, os valores dentro dos parâmetros, conforme as normas, serão desprezados para este estudo. As coletas e as análises foram realizadas pela empresa Laboroil Ltda.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A TABELA 2 relaciona os laudos em função das análises e dos laudos em respectivas as mesmas. Através desse quadro se tem a base de dados para análise e interpretação para os propósitos estabelecidos.

TABELA 2 – Tabela de análise da Mesa 1 através de espectrofotométrico

Mês	Laudos Mesa 1	Laudos Mesa 2
Abril/2015	B2804150159-00540	B2804150160-00541
Mai/2015	B0106150137-00595	B0106150138-00596
Junho/2015	B1106150194-00545	B1106150195-00546
Julho/2015	B1607150128-00595	B1607150129-00596
Agosto/2015	B1708150312-00645	B1708150313-00646
Setembro/2015	B1809150111-00688	B1809150112-00689
Outubro/2015	B1910150046-00737	B1910150047-00438
Novembro/2015	B1311150123-00782	B1311150124-00783
Dezembro/2015	B1112150087-00797	B1112150088-00798

Fonte: Arquivo do autor, 2015.

Ao final da safra na primeira quinzena de 2015, foi realizado a abertura dos redutores para avaliar o desgaste dentre as engrenagens de intuito comparativo dentre os conjuntos. A TABELA 3 aponta que o redutor da Mesa 1 ocorreu um desgaste mais acentuado das

engrenagens em função da maior concentração de elementos abrasivos como o Ferro, sendo que dentro do período de safra aconteceu diversas intervenções devido ao alto teor de mecanismos de desgaste como a troca de óleo e um monitoramento mais intenso no decorrer do ano.

TABELA 3 – Tabela de análise da Mesa 1 através de espectrofotométrico

Mês	Elemento (ppm)	Laudo
Abril/2015	Ferro: 88,35	Desempenho satisfatório
Mai/2015	Ferro: 458,4	Desempenho satisfatório
Junho/2015	Ferro: 674,5	Trocar óleo
Julho/2015	Ferro: 201,5	Desempenho satisfatório
Agosto/2015	Ferro: 458,1	Acompanhar possível incidência
Setembro/2015	Ferro: 596,7	Trocar óleo
Outubro/2015	Cromo: 11,82 Ferro: 843,9	Trocar óleo
Novembro/2015	Ferro: 58,07 Cálcio: 20,01 Boro: 14,78	Desempenho satisfatório
Dezembro/2015	Ferro: 199,4 Cálcio: 19,86 Boro: 11,66	Desempenho satisfatório

Fonte: Arquivo do autor, 2015.

As concentrações elevadas, sobretudo do Ferro, motivaram a serem feitas intervenções constantes no decorrer da safra, ao final da safra ocorreu um desgaste acentuado de perda de material das engrenagens como apontado na FIGURA 4, levando em conta também que o redutor da Mesa 1 teve uma faixa de trabalho de temperatura mais elevado conforme as especificações da fabricante, ocorrendo uma perda de performance do óleo lubrificante em função da temperatura e da viscosidade.

FIGURA 4 – Engrenagens do redutor da Mesa 1 com desgaste acentuado.

Fonte: Arquivo do autor, 2016.

Quanto as análises da Mesa 2, a TABELA 4 ressalta a eficiência no sistema de filtragem e arrefecimento pelo fato de não haver necessidade de intervenção quanto à quantidade de elementos contaminantes contidos nas amostras por estarem em um nível tolerável.

TABELA 4 – Tabela de análise da Mesa 2 através de espectrofotométrico

Mês	Elemento (ppm)	Laudo
Abril/2015	Cromo: 13,05 Ferro: 1071 Zinco: 12,43 Cálcio: 49,16	Trocar óleo
Mai/2015	Ferro: 80,2	Desempenho satisfatório
Junho/2015	Ferro: 75,3	Desempenho satisfatório
Julho/2015	Ferro: 85,37	Desempenho satisfatório
Agosto/2015	Ferro: 67,52	Desempenho satisfatório
Setembro/2015	Ferro: 32,05	Desempenho satisfatório
Outubro/2015	Ferro: 23,72	Desempenho satisfatório
Novembro/2015	Ferro: 24,15	Desempenho satisfatório
Dezembro/2015	Ferro: 27,87	Desempenho satisfatório

Fonte: Arquivo do autor, 2015.

Somente ao início da safra que se teve a indigência de intervenção para substituição do óleo. Ao final da safra foi constatado que as engrenagens não sofreram tanto desgaste pelo fato do sistema de filtragem eliminar de forma efetiva os mecanismos de desgaste e, ainda, por intermédio do trocador de calor se manteve os níveis de viscosidade e temperatura adequados com as especificações exigidas. Assim, a FIGURA 5 nos dá uma reação

representação da diferença quanto aos níveis de desgaste entre os dois redutores e a importância das unidades de filtragem e arrefecimento.

FIGURA 5 – Engrenagens do redutor da Mesa 2.



Fonte: Arquivo do autor, 2016.

A diferença de desempenho dentre os dois conjuntos, mostrou que tais equipamentos de máquinas caso o óleo lubrificante não seja submetido a um sistema de arrefecimento e de filtragem, já se pode ter uma pré-avaliação devido a saturação e a perda de propriedades do mesmo. Os fatores climáticos, também poderão ser deduzidos pois influí na performance do lubrificante, já que o conjunto que não possui sistema de arrefecimento e de filtragem oferece uma grande margem de desgaste dos elementos do equipamento e perda de performance de óleo devido à possíveis resíduos de cisalhamento e contaminantes no óleo. A TABELA 5 corresponde a temperaturas médias mensais de cada conjunto a partir das medições realizadas durante a safra e arquivadas nos respectivos cadernos de manutenção de cada mesa.

TABELA 5 – Tabela comparativa das médias de temperaturas mensais dos redutores

Mês	Redutor 1 T_{med} (°C)	Redutor 2 T_{med} (°C)
Abril/2015	77,5	35
Maior/2015	70	41,8
Junho/2015	75,4	46,5
Julho/2015	76,8	45
Agosto/2015	82,75	40,75
Setembro/2015	84,23	41,25
Outubro/2015	79,75	45,27
Novembro/2015	85,4	46,4
Dezembro/2015	81,46	47,6

Fonte: Arquivo do Autor, 2016.

A diferença gritante da média das temperaturas apontam a eficiência do sistema de arrefecimento na Mesa 2, sendo que as condições de trabalho indicadas pelo fabricante foram sendo atendidas e assim, a performance do óleo se demonstrou mais eficiente.

Sendo assim, através das análises dos dados e dos efeitos do desgaste entre os componentes dos redutores foi concluída que, é de suma importância a utilização de um sistema de arrefecimento e de filtragem de óleo em mesas de alimentação nas unidades de processamentos de cana-de-açúcar. As condições de trabalho aos quais o óleo lubrificante foi submetido e os efeitos ocasionados em função dos mesmos, deu uma larga margem comparativa com relação as condições dos componentes dos redutores.

Na Mesa 1, com base na temperatura de trabalho do fluido lubrificante a viscosidade do fluido sofreu alteração, ao fato que se teve uma perda de viscosidade comprometendo as propriedades do mesmo e ainda atenuou os desgastes por entre as engrenagens em função do atrito e a variação do filme lubrificante. Os mecanismos de desgaste contidos no óleo lubrificante, apesar de serem um grande problema quanto à integridade dos componentes do equipamento, as análises mensais se tornaram de grande valia. A partir delas foi possível realizar identificar as condições do óleo e, assim, intervir de forma precisa minimizando os efeitos indesejados, como comprovado através de ensaios de penetração.

A Mesa 2, se manteve adequada durante o período da safra, ressaltando a eficiência dos sistemas de arrefecimento e filtragem, onde as condições de trabalho submetidas estavam em de acordo com as especificações do fabricante. Dessa forma, o fator mais preponderante quanto à perda de performance e desgaste do equipamento ficou atrelado quanto à variação de temperatura, regime de filme lubrificante e da viscosidade. Sendo assim, os sistemas de arrefecimento e de filtragem se tornaram componentes imprescindíveis para conservação de componentes em redutores planetários, reduzindo custos com manutenção, perdas com reposição de óleo lubrificante e, sobretudo, recondicionar o óleo lubrificante submetido a condições de trabalhos exigentes mantendo a performance e integridade do equipamento.

4. CONCLUSÃO

Dadas as condições de trabalho do óleo lubrificante conclui-se que a variação de performance está diretamente vinculada com relação a faixa de temperatura de trabalho. Sendo que, os objetivos propostos foram satisfatoriamente alcançados. Os elementos contaminantes externos, em ambos os redutores não tiveram grande influência onde se

mantiveram em valores aceitáveis de acordo com os laudos. Os elementos de desgaste tiveram uma grande influência, onde o redutor da Mesa 1 teve uma ineficiência no filme lubrificante em função da temperatura de trabalho que contribuiu para um desgaste mais acentuado dos componentes internos, havendo a necessidade em alguns períodos para intervenção e aplicação de tratativas. Enquanto o redutor da Mesa 2, se manteve dentro de valores toleráveis aos quais não se ocorreu intervenções no decorrer da safra, com exceção do início da safra, onde se teve uma intervenção em respectivo ao desgaste ocorrido na safra anterior. Portanto, os sistemas de arrefecimento e filtragem corresponderam ao seu propósito, se tornando uma alternativa viável para, não somente em específico à redutores planetários mas para demais caixas de transmissão de grande porte e de grande volume de óleo lubrificante a ser usado.

PERFORMANCE OIL ISO VG 460 EP SYSTEMS INDUSTRIAL TRANSMISSION

Cleiton Aparecido da Silva¹

Anderson Inácio Junqueira Júnior²

ABSTRACT

In feeding tables of sugarcane processing plants, the use of planetary gear units are very common. However, the extreme working conditions offer a large performance loss due to the lubricating oil operating temperature. This is a comparative study that addresses the variation in efficiency planetary gear provided with a cooling and filtering unit. Due to the large effect of wear caused over a harvest period, through the results of samples collected from analysis and monitoring of the working temperature, use in cooling and filtration units have set quite efficient when related to lubricating oil performance. The evaluated data concluded that the performance of the planetary gear becomes more efficient with the use of a filtration system and cooling, due to its ability to maintain the lubricating oil temperature within the labor standards specified by the manufacturer.

Keywords: Lubricating oil. Planetary reducer. Cooling. Filtering.

REFERÊNCIAS

BELINELLI, M. **Desenvolvimento de um sistema informatizado aplicado à gestão de planos preventivos de lubrificação industrial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2011.

CANCHUMANI, G. A. L. **Óleos lubrificantes usados: um estudo de caso de avaliação de ciclo de vida do sistema de rerrefino no Brasil**. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

COSTA JÚNIOR, J. B. **Investigação do desempenho da lubrificação, através do teste quatro-esfera, de óleos lubrificantes aplicados em engrenagens de transmissão industrial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

GÂNDARA, G. M. F. **Óleos lubrificantes minerais: uma análise das potencialidades da reutilização**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, 2000.

GUIMARÃES, J. **Rerrefino de óleos lubrificantes de motores de combustão interna pelo processo de ultrafiltração e adsorção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

MAIA, J. C. da C. **Monitoramento de lubrificantes através de reações de oxidação**. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

MOVENTAS. **Manual do fabricante do redutor**. 2005.

QUARTEZANI, A. dos S; SILVA, L. G. da; SILVA, M. E. **Estudo de caso de análise de falha de um redutor mecânico**. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção Mecânica) – Faculdade Norte Capixaba de São Mateus, São Mateus, 2013.

SANTOS, L. C. L. dos. **Petroquímica: óleos lubrificantes**. Tese (Pós-graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2010.