

A APLICAÇÃO DE LUBRIFICANTES E GRAXAS À BASE DE PIB NA LUBRIFICAÇÃO DE ROLAMENTOS E ENGENHAGENS DE GRANDE DIÂMETRO EM DESTILARIAS DE ALCOOL, INDÚSTRIAS DE CIMENTO, MINERAÇÃO E PLANTAS DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL

Marcos Thadeu Giacomini Lobo

QU4TTUOR CONSULTORIA LTDA
www.qu4ttuorconsultoria.com.br

E-mail: lobo@qu4ttuorconsultoria.com.br
Cuiabá, M.T. – Brasil

Resumo:

Lubrificantes à base de poli-isobutileno (PIB) têm sido usados na lubrificação de rolamentos e engrenagens de grande diâmetro em destilarias de álcool, indústrias de cimento, mineração e plantas de extração de óleo vegetal com resultados muito bons. Os lubrificantes à base de poli-isobutileno PIB têm apresentado uma boa relação custo-benefício na formulação de óleos e graxas lubrificantes em termos de questões ambientais, economia de energia e prevenção de desgaste. No presente trabalho técnico haverá a apresentação de casos práticos de desenvolvimento de óleos lubrificantes e graxas para uso em ativos em destilarias de álcool, indústrias de cimento, mineração e plantas de extração de óleo vegetal.

1. LUBRIFICAÇÃO DE CABOS DE AÇO

A lubrificação de cabos de aço de pontes rolantes, guinchos, guindastes, dragas, gruas e outros equipamentos de elevação é sempre uma preocupação para os encarregados de manutenção em vista do potencial de acidentes fatais caso haja o seu rompimento. Com vistas a aprimorar a lubrificação dos cabos de aço empregados nesses equipamentos é de vital importância a seleção de graxa adequada para essa aplicação e inspeções em intervalos regulares.

(PIB) de Viscosidade Cinematicabastante elevada (> 4000 cSt a 40 °C) e elevada adesividade. As citadas graxas à base de PIB levam em sua formulação elevado teor de grafite coloidal (~15%), que atua como agente anti-desgaste ao penetrar o interior do cabo de aço e lubrificar os arames das pernas e a alma postergando o seu rompimento. O espessante à base de sabão de lítio é repelente à água e protege contra o desgaste corrosivo (ferrugem) em períodos de chuva e inatividade. A consistência NLGI 0 da graxa permite que a aplicação seja realizada com pincel ou por lubrificador automático. Inspeções periódicas do estado das polias (ex. semestral) e da condição dos cabos de aço e a sua lubrificação (ex. quinzenal) são mandatórias.

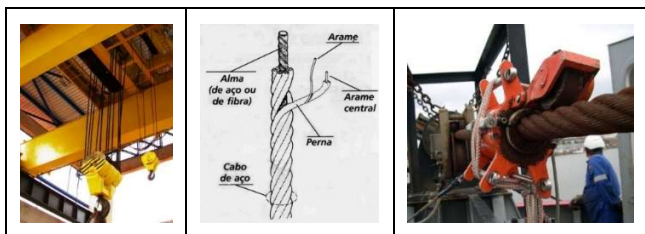


Fig. 1/2/3 – Cabos de aço: elementos de máquina de vital importância

Para a lubrificação de cabos de aço há disponível no mercado graxas semi-sintéticas à base de sabão de lítio e óleo básico à base de poli-isobuteno,

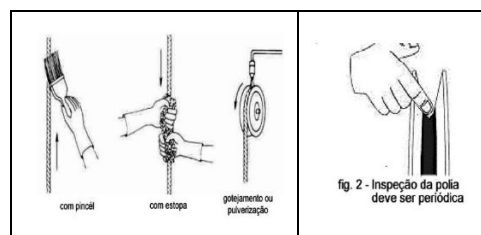


Fig. 4/5 – Lubrificação e inspeção regulares do cabo de aço e polias

2. LUBRIFICAÇÃO DE COROA, PINHÃO, PISTAS DE ANÉIS E ROLOS DE APOIO EM CONDICIONADORES SECADORES ROTATIVOS

A lubrificação de engrenagens abertas e rolos de apoio constitui-se em grande desafio face às elevadas cargas, estreitas folgas entre dentes e ao esforço de centrifugação a que é submetido o lubrificante nesses elementos de máquina. As graxas utilizadas em lubrificação manual para esta aplicação deverão ter elevada adesividade para proteção das superfícies metálicas dos dentes das engrenagens e pistas dos rolos de apoio contra o contato metálico, boa película lubrificante para proteção contra a ação de material particulado sólido abrasivo e boa resistência à ação de lavagem por água visto as superfícies metálicas estarem expostas ao tempo (ambientes úmidos e poeirentos) ou sofrerem lavagem com água por ação mecânica.



Fig. 6/7 – Necessidade de graxa de elevada adesividade

Na lubrificação manual de engrenagens abertas e pistas de rolos de apoio a regra geral era o uso de graxas de base asfáltica. Porém, por questões ambientais e de descarte, o uso de graxas de base betuminosa está caindo em desuso. Em face disso, tem surgido no mercado graxas especialmente formuladas para essa aplicação, isentas de componentes asfálticos, de elevadíssima adesividade e bastante eficazes na prevenção ao desgaste das superfícies metálicas.

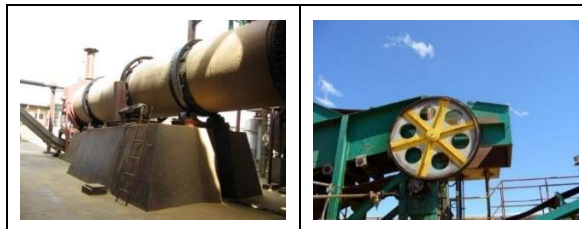


Fig. 8/9 – Graxas para uso em condições severas de esforço

Graxas semi-sintéticas à base de espessante inorgânico (argila bentonita), Grau de Consistência NLGI 2, formuladas com óleo básico à base de poli-isobuteno (PIB) de elevada Viscosidade Cinemática (ex. 25000 cSt a 40 °C) e tem sido muito bem sucedida na lubrificação manual de engrenagens abertas e pistas de rolos de apoio. É graxa de boa biodegradabilidade, amigável ao meio ambiente, pode ser aplicada com pincel ou espátula, não necessita de aquecimento, resiste à centrifugação por ser bastante adesiva, é resistente à ação da água, possui adequada capacidade de Extrema Pressão (EP), promove boa proteção à corrosão e suporta temperaturas de trabalho de, até, 260 °C.



Fig. 10/11 – Coroa e pinhão de cristalizador de açúcar: engrenagens horizontais

Graxas à base de espessante inorgânico (argila bentonita) e óleo básico à base de poli-isobuteno (PIB) de elevada Viscosidade Cinemática (25000 cSt a 40 °C) podem ser utilizadas na lubrificação manual de coroa e pinhão (horizontais ou verticais) e rolos de apoio empregados em cristalizadores de usinas de açúcar, secadores e condicionadores rotativos utilizados em plantas de produção de óleos vegetais, moinhos de bola utilizados em mineradoras, fornos rotativos e em

equipamentos que possuem engrenagens abertas e rolos de apoio.



Fig. 12/13 – Graxas resistentes à ação da água

3. LUBRIFICAÇÃO DE RODETES

Rodetes são engrenagens de dentes retos que acionam ternos de moenda em destilarias de álcool e a sua lubrificação se realiza, por banho de óleo ou gotejamento. Os envelopes que contém o cárter de óleo lubrificante, por melhor que seja a vedação, deixam passar algum tipo de contaminação na forma de água, pó e bagaço de cana sendo necessário, em algumas situações, que se troque a carga de óleo lubrificante durante a safra.



Fig. 14/15 – Rodetes de acionamento de terno de moendas

Os óleos lubrificantes de base asfáltica, ainda utilizados em algumas destilarias de álcool, tem sido substituído por produtos semis-intéticos à base de poli-isobuteno (PIB) visto apresentar vantagens como:



Fig. 16/17 – A lubrificação pode ser por banho de óleo ou gotejamento

- I. Maior Índice de Viscosidade (IV): a Viscosidade Cinemática varia menos com a temperatura e películas de óleo lubrificante mais robustas são formadas de maneira a impedir o contato metálico na linha de contato das engrenagens de dentes retos (rodetes);
- II. Melhor lubrificidade e, com isto, economia de energia elétrica ou térmica;
- III. Apresentam melhor biodegradabilidade em relação aos produtos de base asfáltica, ou seja, são de mais fácil descarte e mais harmonizados com a práticas de produção amigáveis às questões ambientais e de saúde;
- IV. Apresentam excelente adesividade aos dentes dos rodets.

Como regra geral, os óleos lubrificantes semi-sintéticos à base de poli-isobuteno (PIB) utilizados na lubrificação de rodets de acionamento de ternos de moenda possuem Viscosidades Cinemáticas na ordem de 25000 cSt a 40 °C e elevadas cargas de Extrema Pressão (ex. Sequential Four Ball Test > 800 kgf; Timken OK Load > 60 lb) em face aos elevados esforços a que são submetidos.



Fig. 18/19 – A vedação dos envelopes tem sido bastante aprimorada de forma a evitar a contaminação do óleo lubrificante por pó, água e bagaço

O uso de óleos lubrificantes adequados e evitar a sua contaminação vão significar maior disponibilidade e confiabilidade dos rodets durante a safra de cana-de-açúcar.



Fig. 20/21 – Avarias catastróficas em rodetes

4. LUBRIFICAÇÃO DE ENGENHAGENS ABERTAS ATRAVÉS DE PULVERIZAÇÃO DE GRAXA

A lubrificação de engrenagens abertas de grande diâmetro utilizando sistema de pulverização à graxa é bastante utilizada na área de mineração na lubrificação da coroa e pinhão de giro no acionamento de escavadeiras elétricas, shovels, draglines, guindastes off-shore e coroa e pinhão de acionamento de moinho de bolas etc.



Fig. 22/23 – Sistema de pulverização à graxa: escavadeira e guindaste off-shore

Para atender à citada demanda vem-se utilizando, com excelentes resultados, produtos denominados OGL (OPEN GEAR LUBRICANT), graxas semi-sintéticas de consistência NLGI 0, óleo básico de elevada Viscosidade Cinemática à base de poli-isobuteno (PIB) (ex. > 600 cSt a 100 °C), elevada carga de Extrema Pressão (ex. Sequential Four Ball Test > 800 kgf; Timken OK Load > 60 lb), são resistentes à ação da água, não levam solvente ou compostos à base de chumbo em sua formulação e possuem determinado conteúdo de lubrificante sólido na formulação (ex. grafite coloidal ~ 15%) que atua como agente anti-desgaste possibilitando proteção adicional das

superfícies metálicas ao desgaste abrasivo causado por material particulado sólido abrasivo.

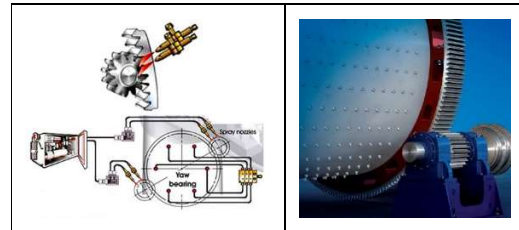


Fig 24/25 – Sistema de pulverização à graxa em coroa e pinhão em moinho de bolas

A elevada adesividade das graxas OGL (OPEN GEAR LUBRICANT) à base de poli-isobuteno (PIB) possibilita a maximização dos intervalos de relubrificação, são de fácil pulverização o que possibilita que o padrão do spray de graxa seja adequado ao recobrimento completo do flanco dos dentes das engrenagens por película lubrificante que devido às suas baixas características de atrito permite que o consumo de energia elétrica seja o mais baixo possível.

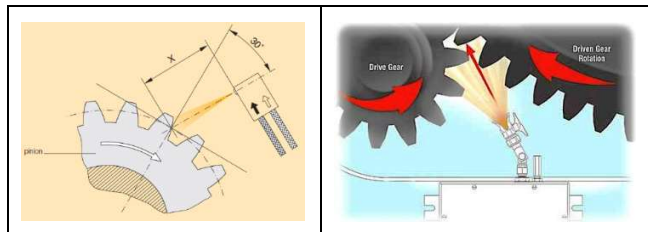


Fig. 26/27 – Padrão de spray de graxa OGL em engrenagem

As graxas OGL (OPEN GEAR LUBRICANT) utilizam-se de sistemas pneumáticos para que haja uma pulverização eficiente da graxa nos flancos dos dentes da coroa e do pinhão.

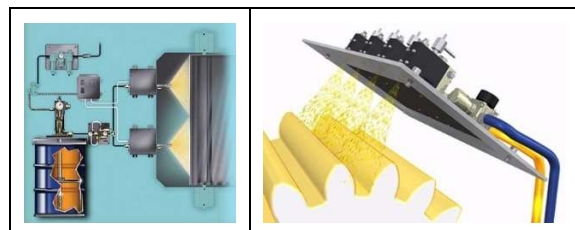


Fig. 28/29 – Sistema pneumático para pulverização de graxa OGL

5. LUBRIFICAÇÃO DE ENGRENAGENS DE GRANDE PORTE EM DESTILARIAS DE ÁLCOOL

Dando continuidade ao estudo da lubrificação em equipamentos industriais de destilarias de álcool e usinas de açúcar analisaremos a lubrificação das moendas para extração do caldo a ser utilizado na fabricação do álcool e do açúcar. Os ternos de moenda, compostos por rolos de entrada, saída e superior, são equipamentos mecânicos sujeitos a elevadíssimos esforços, trabalham sob condições extremamente adversas e sua indisponibilidade, durante a safra, é causa de elevadas perdas de produção. Em face disso, percebe-se a enorme responsabilidade que o óleo lubrificante para uso em mancais de ternos de moenda representa no processo produtivo de uma planta sucroenergética.

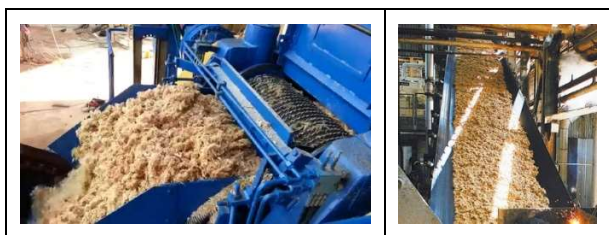


Fig. 30/31 – Moenda de cana-de-açúcar

Os eixos das moendas são apoiados em mancais de deslizamento (planos), geralmente de bronze, refrigerados por água (encamisados) e com sistema de lubrificação por circulação de óleo lubrificante com perda total.

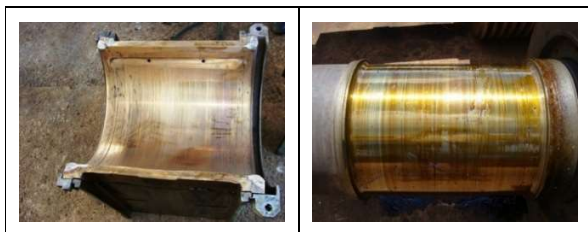


Fig. 32/33 – Mancais de deslizamento e manga de eixo de moenda

Por melhor que seja a vedação dos mancais de deslizamento, impurezas (água, caldo e bagaço de cana-de-açúcar, material particulado sólido abrasivo), conseguem penetrar nas folgas entre a manga de eixo (munhão) e os mancais de deslizamento e podem causar desgaste prematuro das superfícies metálicas, devendo ser removidos através da circulação de óleo lubrificante com perda total.



Fig. 34/35 – Lubrificação por circulação com perda total

O óleo lubrificante, após lubrificar os mancais de deslizamento das moendas de cana-de-açúcar, fica bastante contaminado com impurezas (água, caldo e bagaço de cana-de-açúcar, material particulado sólido abrasivo). Porém, em função da elevadíssima Viscosidade Cinemática desses óleos lubrificantes a filtração para reaproveitamento requereria processo custoso, sendo mais viável o seu descarte após o processo de lubrificação, refrigeração e “flushing” dos mancais de deslizamento.

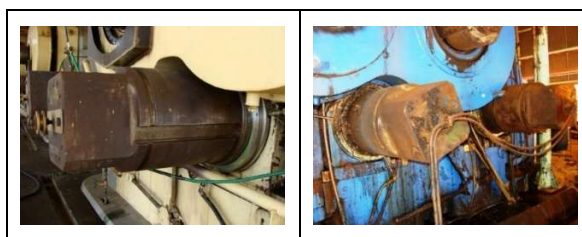


Fig. 36/37 – Eixo e mancais de deslizamento em moendas

A lubrificação dos mancais de ternos de moenda de cana-de-açúcar é realizada por sistema de circulação forçada de óleo lubrificante com perda total a intervalos programados. Tendo em vista o óleo lubrificante não ser reaproveitado após o ciclo de lubrificação, torna-se desejável que:



Fig. 38/39 – Sistema de lubrificação centralizado a óleo em moendas

- ✓ Permaneça nas folgas entre eixo e mancais de deslizamento período de tempo suficiente (adesividade adequada) para que o consumo seja o menor possível com vistas a se reduzir, de forma segura, gastos com a lubrificação. O consumo do óleo lubrificante em mancais de moenda de cana-de-açúcar é monitorado através do parâmetro g/t cana-de-açúcar moída;
- ✓ A lubrificação deve minorar o desgaste das superfícies metálicas em movimento relativo dos mancais de deslizamento e das mangas de eixo (munhões) através da formação de película lubrificante suficientemente robusta (Viscosidade Cinemática e Índice de Viscosidade - IV apropriados);
- ✓ Refrigeração adequada dos mancais de deslizamento e das mangas de eixo (munhões) através de adequada troca térmica entre o óleo lubrificante e a água de refrigeração circulante no sistema de troca de calor (camisas);
- ✓ Ser efetivo na remoção de contaminantes (água, caldo e bagaço de cana-de-açúcar, material particulado sólido abrasivo) com a máxima eficiência com vistas a evitar-se desgaste precoce dos mancais de deslizamento e das mangas de eixo (munhões);
- ✓ Facilidade de bombeamento em períodos de baixa temperatura (Ponto de Fluidez adequado);

- ✓ Os óleos lubrificantes semi-sintéticos à base de poli-isobuteno (PIB), possuem melhor biodegradabilidade em relação aos produtos de base asfáltica e são mais amigáveis ao meio ambiente.



Fig. 40 – Lubrificação eficiente, facilidade de reciclagem

Os óleos lubrificantes de base asfáltica, ainda, utilizados na lubrificação de mancais de deslizamento em moendas possuem os seguintes inconvenientes:

- Baixo Índice de Viscosidade - IV (formação de película lubrificante deficiente), desgaste precoce dos mancais de deslizamento com piora na confiabilidade e disponibilidade;
- Dificuldade na bombeabilidade em períodos de baixa temperatura (Ponto de Fluidez elevado);
- Pouco amigáveis ao meio ambiente (dificuldade no descarte e reciclagem).



Fig. 41/42 – Óleos lubrificantes de base asfáltica: problemas ambientais

Como o custo dos óleos lubrificantes de base asfáltica é inferior aos dos óleos lubrificantes semissintéticos à base de poli-isobuteno (PIB) e

em face do sistema de lubrificação por circulação de óleo lubrificante com perda total nos mancais de ternos de moenda, os inconvenientes anteriormente mencionados eram compensados pela economia.

Porém, alguns pontos levaram à substituição de óleos lubrificantes de base asfáltica por óleos lubrificantes semissintéticos à base de poli-isobuteno (PIB) na lubrificação de mancais de deslizamento em ternos de moenda:

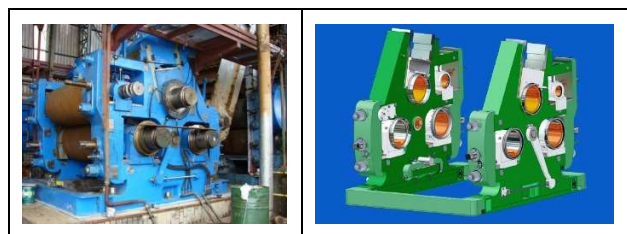


Fig. 43/44 – Necessidade de melhoria na confiabilidade e disponibilidade

- ❖ Dificuldades para descarte dos óleos lubrificantes de base asfáltica (as empresas de coleta e rerrefino de óleos lubrificantes usados e contaminados - OLUC passaram a não mais aceitar tais produtos em face das dificuldades de processá-los em suas plantas);
- ❖ Restrições por parte dos compradores de açúcar e dos órgãos ambientais ao uso de produtos pouco amigáveis ao meio ambiente (exigências de melhoria na biodegradabilidade);
- ❖ Projetos mais avançados de ternos de moenda no que diz respeito às vedações das mangas de eixo (munhões) e mancais de deslizamento reduziram substancialmente o consumo de óleo lubrificante tornando viável o uso de produtos sintéticos ou semissintéticos de custo mais elevado;
- ❖ Necessidade de óleos lubrificantes que provejam melhores confiabilidade e disponibilidade aos mancais de deslizamento e mangas de eixo (munhões) em ternos de

moenda (maior Índice de Viscosidade – IV e melhor lubricidade);

- ❖ Menores Pontos de Fluidez com vistas a evitar a obstrução das tubulações de lubrificação no inverno;
- ❖ As formulações dos óleos lubrificantes semissintéticos à base de poli-isobuteno (PIB) proporcionam melhor adesividade às superfícies metálicas dos mancais de deslizamento e mangas de eixo (munhões) com redução no consumo (g/t cana-de-açúcar moída).



Fig. 45/46 – Menor consumo de óleo lubrificante (g/t de cana moída)

Os óleos lubrificantes de base asfáltica, em função da menor lubricidade, tornavam necessário a redução nos ciclos de injeção e maiores volumes injetados, em comparação aos óleos lubrificantes semissintéticos à base de poli-isobuteno (PIB), ficando o consumo médio situado no intervalo de 7,0 a 15,0 g/t de cana-de-açúcar moída. Vale observar que o consumo de óleo lubrificante não se deve, exclusivamente, ao tipo de base utilizada na elaboração do produto sendo função, também, do projeto mecânico de vedação dos eixos e mancais de deslizamento do terno de moendas.



Fig. 47/48 – Distribuidor e tubulações de óleo lubrificante utilizados na lubrificação de mancais de moenda

No entanto, tem-se verificado que os óleos lubrificantes semissintéticos à base de poliisobuteno (PIB), por terem lubricidade e adesividade bastante superior em relação aos produtos de base asfáltica tem apresentado consumos bastante inferiores usualmente no intervalo de 2,5 a 4,0 g/t de cana-de-açúcar moída, compensando o seu uso a despeito do custo mais elevado. As Viscosidades Cinemáticas desses óleos lubrificantes variam na faixa 8000 cSt - 12000 cSt a 40 °C para as moendas de menor diâmetro e de 16000 cSt - 20000 cSt a 40 °C para as moendas de maior diâmetro e sujeitas a esforços mecânicos mais severos com vistas a melhor desempenho na extração de caldo.



Fig. 49/50 – Mancais de moenda: Viscosidades Cinemáticas elevadas

A temperatura da água de refrigeração nas camisas dos mancais de deslizamento dos ternos de moenda é fator bastante importante para verificação da condição de serviço dos elementos mecânicos em movimento relativo.

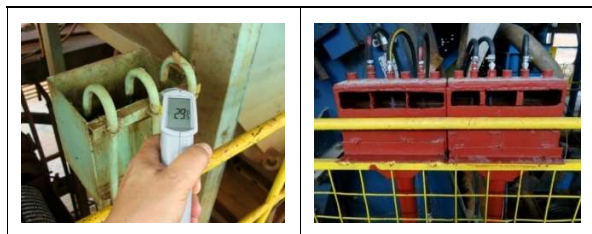


Fig. 51/52 – Refrigeração das camisas dos mancais de moenda

Temperaturas acima das usualmente verificadas indicam deficiência de lubrificação nos mancais de deslizamento dos ternos de moenda, fato este que pode ser atenuado, em caráter excepcional, com

diminuição do ciclo de injeção do óleo lubrificante ou com aumento no volume de óleo lubrificante injetado, havendo consequente aumento no consumo de óleo lubrificante por tonelada de cana-de-açúcar moída. A elevação de temperatura, todavia, pode ocorrer devido a vazamento de água de refrigeração por avaria na camisa, vazão de água de refrigeração insuficiente, ciclos de lubrificação muito espaçados, óleo lubrificante com Viscosidade Cinemática inadequada e que não forma película lubrificante suficientemente robusta para separar os mancais de deslizamento da manga de eixo (munhão), volume insuficiente de óleo lubrificante injetado ou baixa pressão de injeção por deficiência do sistema de recalque de óleo lubrificante.



Fig. 53/54 – Camisa de refrigeração de mancais e sistema de recalque

Plantas produtoras de açúcar são auditadas periodicamente e item fortemente restringido para uso são óleos lubrificantes de base asfáltica. Em futuro próximo, a tendência dos óleos lubrificantes de base asfáltica é ter o seu consumo bastante reduzido sendo utilizado, apenas, em destilarias de álcool mais antigas nas quais os mancais de moenda, ainda, não têm sistema de vedação adequado. Muito se tem investido na melhoria da vedação de mancais de moenda e a migração para óleos lubrificantes semissintéticos à base de poliisobuteno (PIB) tem sido muito rápida. Aos formuladores, resta o desafio de produzir óleos lubrificantes que possam reduzir com segurança o consumo por tonelada de cana moída, sejam amigáveis ao meio ambiente e que reduzam o desgaste dos eixos e mancais de moenda ao mínimo possível a despeito das inevitáveis



8° CONGRESO MUNDIAL
DE MANTENIMIENTO Y
GESTIÓN DE ACTIVOS



21 · 22 · 23
MAYO · 2025
Centro de Convenciones
Cartagena de Indias · Colombia



22° Congreso Iberoamericano de Mantenimiento

27° Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - CIMGA

contaminações do óleo lubrificante e dos severos esforços mecânicos a que são sujeitos tais componentes mecânicos.

6. CONCLUSÃO

Os óleos e graxas lubrificantes à base de poliisobuteno (PIB) tem mostrado excelente relação custo-benefício na lubrificação de cabos de aço, mancais de deslizamento de ternos de moenda, engrenagens abertas de grande diâmetro e rodetes. Apresentam custo bastante menor que bases sintéticas o que é de extrema relevância em sistemas de lubrificação por perda total (ex. mancais de ternos de moenda, rodetes e engrenagens abertas de grande diâmetro. O poliisobuteno pode formular óleos e graxas lubrificantes com a Viscosidade Cinemática que melhor se adequa à aplicação e tem-se mostrado mais amigável ao meio ambiente que os produtos de base asfáltica. Certamente, o uso de poliisobuteno (PIB) continuará a ser largamente utilizado na formulação de óleos e graxas lubrificantes para uso em destilarias de álcool, cimenteiras, mineradoras e plantas de extração de óleos vegetais.

Bibliografia

Boletins técnicos com experiências de campo elaborados pela QU4TTUOR CONSULTORIA LTDA.

Folhetos técnicos de produtos da PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A.