

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM USO DE CASTROL OPTIGEAR BM¹

Roberto Saruls²

Resumo

Na área industrial cada vez mais existe uma maior necessidade de utilização de máquinas que tenham alta eficiência, confiabilidade e que operem com baixo custo de manutenção. Sabemos que a lubrificação é o fator fundamental para que máquinas industriais trabalhem com excelência. Pensando nisto a Castrol Lubrificantes em parceria com a WM Preditiva (CSGM) apresenta este trabalho com ênfase em redução do consumo de energia em motorreduzores industriais. Durante o período de amostragem foram analisados dados como vibração, temperatura, consumo de energia e vida útil dos engrenamentos dos redutores. O objetivo deste estudo é demonstrar e comprovar a redução do consumo de energia elétrica em motorreduzores industriais através da utilização de lubrificantes de alta performance, neste caso, o óleo Castrol Optigear BM. A metodologia utilizada neste trabalho foi baseada na revisão bibliográfica e estudo de caso, onde foram utilizados equipamentos de coleta de dados de vibração, temperatura e de consumo de energia. Através das análises dos dados coletados foram obtidos ótimos resultados a saber : (1) redução do consumo de energia em motorreduzores na faixa de 8% a 18%, (2) redução dos níveis vibracionais e freqüências de engrenamentos dos redutores e (3) redução de até 35% da temperatura de trabalho dos motorreduzores.

Palavras-chave: Lubrificação; Energia; Vibração; Temperatura.

ENERGY EFFICIENCE WITH USE OF CASTROL OPTIGEAR BM

Abstract

In the industrial area, there is a need of using machines with more efficiency, reliability and operating with low maintenance cost. We know that lubrication is the key factor for industrial machines to work with excellence. Castrol Industrial with partnership of WM Predictive (CSGM) presents this work with emphasis the reduction of energy consumption in industrial gearboxes. During the sampling period, field data were analyzed such as vibration, temperature, energy consumption and lifetime of the gear ratio of the gear. The aim of this study is to demonstrate and prove the reduction of electricity consumption in industrial gear boxes through the use of a high performance lubricant from Castrol Industrial - Castrol Optigear BM. The methodology used in this study was based on bibliographic review and case study where we collected data on various equipment industries. Through the analysis of the collected data we have obtained great results, such as : (1) reduction power consumption of gearboxes between 8% and 18%, (2) reduction of vibration frequencies of helical gear ratio and (3) reduction of 35% of the working temperature.

Keywords: Lubrication; Reduce energy consumption; Vibration; Temperature.

¹ *Contribuição técnica ao 50º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 18 a 21 de novembro de 2013, Ouro Preto, MG, Brasil.*

² *Engenheiro químico. Gerente de Engenharia de Aplicação – Castrol Industrial. São Paulo, SP, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, têm-se discutido a necessidade das indústrias em concentrar maior foco na questão do consumo de energia elétrica. Enquanto as empresas de geração de energia estudam novas formas de gerar energia com menor custo a fim de atender a demanda do mercado, as indústrias terão, no futuro próximo, que traçar planos de ação a fim de reduzir seu próprio consumo e se adequar a estas metas, sob risco de pagar elevadas taxas.

Segundo Panesi⁽¹⁾ motores elétricos em indústrias respondem pelo consumo de 55% a 60% da energia elétrica consumida em indústrias. Através da redução de consumo de energia, as empresas se beneficiarão com a redução dos custos, como também a otimização de processo produtivos, visto que o consumo de energia é somente a ponta do “iceberg”, visto que por detrás de uma máquina com alto consumo de energia, há uma série de perdas, como a utilização de motores superdimensionados e excesso de atrito em máquinas rotativas industriais, ocasionado por lubrificação inadequada, tópico este que atualmente não é muito abordado nas indústrias.

1.1 Atrito

Segundo a Física, o atrito é a componente horizontal da força de contato que atua sempre que dois corpos entram em contato e há tendência ao movimento. É gerada pela aspericidade dos corpos (vide Figura 1 ilustrativa). A força de atrito é sempre paralela às superfícies em interação e contrária ao movimento relativo entre eles.

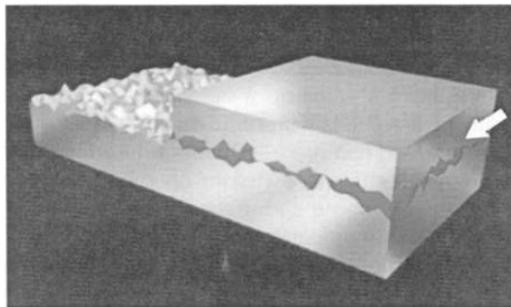


Figura 1 - Rugosidade em superfícies metálicas.

Apesar de sempre paralelo às superfícies em interação, o atrito entre estas superfícies depende da força normal, a componente vertical da força de contato; quanto maior for a força normal maior será o atrito.

1.2 Atrito nos Engrenamentos

Sabemos que em virtude do contato entre engrenagens é gerado um alto fator de atrito entre as partes, sendo por isso necessário utilizar lubrificantes que reduzam estas forças e conseqüentemente quanto menor o atrito entre as engrenagens menor será o torque exigido no motor elétrico e menor será a energia ativa elétrica consumida.

Pensando nestas necessidades, a Castrol Industrial desenvolveu uma linha de lubrificantes especiais com exclusiva tecnologia Micro Flux TransTM, que gera uma deformação plástica na camada superficial do metal, permitindo reduzir o atrito em

componentes de máquinas industriais. O pacote de aditivo exclusivo chamado Micro Flux Trans™ é uma combinação de aditivos que promove um efeito de alisamento em uma camada superficial da ordem de 5 microns. A superfície danificada é alisada seguindo as 3 etapas conforme Figuras 2, 3 e 4:



Figura 2 - Etapa 1 Micro Flux Trans™ - Superfície com picos e vales. As moléculas polares de Micro Flux Trans™ formam um filme passivo na superfície antes da geração de carga.

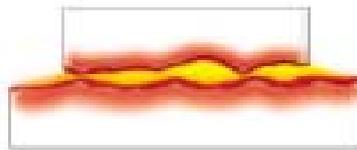


Figura 3 - Etapa 2 Micro Flux Trans™ - Com elevação da carga, o Micro Flux Trans™ é ativado e libera por difusão aditivos na superfície, gerando um Tribopolímero que é extremamente adesivo, resistente a carga e possui coeficiente de atrito muito baixo.

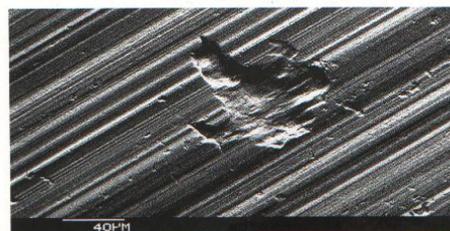


Figura 4 - Etapa 3 Micro Flux Trans™ - Com a continuidade do movimento as superfícies são alisadas e durante o processo os picos são movimentados para preencher os vales. O contato real sobe para 80% reduzindo continuamente o atrito e temperatura.

As Figuras 5 e 6 ilustram uma superfície vista ao microscópio com lubrificante convencional EP (extrema pressão) e lubrificante usando Micro Flux Trans™.



Ensayo SRV: calota de desgaste vista con gran aumento
Lubricante: aceite convencional para engranajes (CLP 220)



Vista con mayor aumento

Figura 5 - Superfície com aditivo Extrema Pressão (EP).

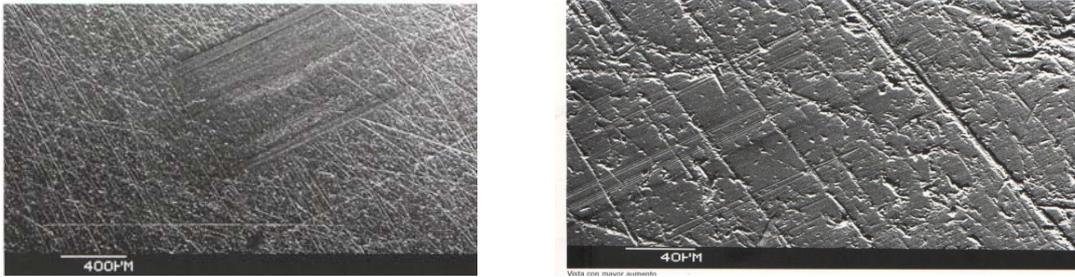


Figura 6 - Superfície com aditivo Micro Flux Trans TM.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados os seguintes ensaios e equipamentos para monitoramento do teste.

2.1 Análise Vibracional - Coletor de vibração Pruftechnik Vib Xpert II

De acordo com Rao,⁽²⁾ a vibração é a oscilação de um corpo sobre um ponto de referência decorrente de uma determinada força. Existem alguns conceitos fundamentais sobre vibrações que devem ser entendidos de maneira clara, evitando interpretações e afirmações que não correspondem à realidade.

Dentre os movimentos vibratórios pode-se citar o movimento dos pêndulos, das cordas de instrumentos musicais, corpos em movimentos e, inclusive, os átomos que constituem os sólidos e que vibram em torno de posições fixas na rede cristalina. Na indústria as vibrações ocorrem em máquinas girantes e alternativas, acoplamentos, redutores, estruturas etc.

Cada máquina monitorada possui a sua assinatura de vibração ou podemos chamar de espectro de vibração, e através dos dados coletados, vários componentes dinâmicos da máquinas são evidenciados nos espectros.

Segundo Almeida,⁽³⁾ os problemas relacionados com engrenagens são facilmente identificados porque eles ocorrem geralmente na frequência de engrenamento, isto quer dizer o número de dentes vezes a rotação de engrenagem defeituosa.

A Figura 7 mostra um espectro típico de vibração em engrenagens, onde estão presentes várias frequências de engrenamento - é bom esquematizar o arranjo e testar todos os produtos até que identifique a origem do problema.

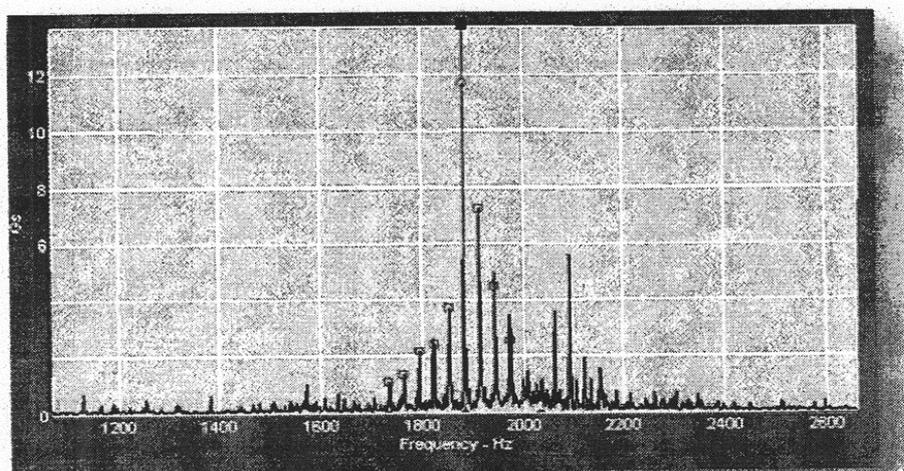


Figura 7 - Espectro Vibração típico de engrenagens.⁽¹⁾

Para estes ensaios foi usado um Coletor de Vibração com Software Omminitrend conforme ilustrado na Figura 8.



Figura 8 - Coletor de vibração com Software Omminitrend.

Os problemas relacionados com a frequência de engrenamento incluem desgaste excessivo, dentes sem precisão falhas localizadas nos dentes, material estranho entre os dentes e várias outras causas. Também existem várias outras vibrações nas máquinas, como desalinhamento ou um eixo empenado, que influem no nível de vibrações na frequência de engrenamento.

O procedimento usado para diagnosticar problemas no engrenamento é o mesmo utilizado quando se quer descobrir falhas e diagnósticos nos rolamentos, onde se encontra várias irregularidades.

- engrenamento inadequado entre os dentes das engrenagens parelhas;
- irregularidade local, tais como trincas fissuras, rebarbas nos dentes;
- engrenagens excêntricas ou com erro no módulo;
- engrenagens com dentes quebrados;
- desalinhamento entre engrenagens; e
- esforços nos engrenamentos.

O dente em uma engrenagem é uma viga engastada num extremo, e quando excitado, pode vibrar na sua frequência natural, cujo valor depende das dimensões, geometria e material do dente. No momento do engrenamento, uma força de contato é aplicada ao dente fletindo-o. As frequências naturais das engrenagens são altas quando comparadas com as frequências de engrenamento do sistema. Através da amplitude da frequência de engrenamento de um redutor podemos medir a intensidade dos esforços nos engrenamentos. Estes esforços mecânicos são refletidos no acionamento do redutor, e conseqüentemente, quanto menor os esforços gerados entre os engrenamentos, menor será o torque exigido e, conseqüentemente, menor será o consumo de energia elétrica.

2.2 Análise Termográfica usando Camera Termográfica Flir T-350

Termografia é uma técnica que permite mapear um corpo ou uma região com o intento de distinguir áreas de diferentes temperaturas, sendo portanto uma técnica que permite a visualização artificial da luz dentro do espectro infravermelho. As vibrações de campos elétricos e magnéticos que se propagam no espaço à velocidade da luz de forma mutuamente sustentadas dá origem às ondas eletromagnéticas, e o conjunto de ondas eletromagnéticas de todas as frequências formam o espectro eletromagnético. O infravermelho corresponde a uma faixa frequência eletromagnética naturalmente emitida por qualquer corpo à temperatura próxima à do ambiente (22°C), com intensidade proporcional à quarta potência de sua temperatura. A emissão de ondas eletromagnéticas pelos corpos aquecidos é estudada na Física mediante o que denomina-se por radiação de corpo negro, sendo essa descrita pela Lei de Planck. O estudo da radiação térmica de corpos negros apresenta-se na história da Física como o principal fenômeno que levou ao desenvolvimento da mecânica quântica. A termografia hoje tem um papel muito importante na área de manutenção preditiva. Através da sua utilização, é possível eliminar muitos problemas de produção, evitando falhas elétricas, mecânica e fadiga de materiais.

2.2.1 Termovisor com câmera Infravermelha

A câmera de termovisão transforma uma radiação infravermelha invisível ao olho humano em uma imagem visível. Detecta a energia emitida por um objeto, modifica a frequência da energia recebida e produz uma imagem correspondente contido na faixa visível do espectro eletromagnético.

Assim, a termografia infravermelha é o mapeamento sem contato e análise dos padrões térmicos da superfície de um objeto.

Para formação de uma imagem térmica, devemos ter diferenças de temperatura. Se tivermos uma superfície com temperatura constante, não se formará nenhuma imagem.



Figura 9 - Câmara de Termovisão Infravermelha.

2.3 Análise Energia Elétrica – Analisador Software Topview

A Primeira Lei da Termodinâmica diz que “a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada de uma forma para outra”. Fazendo uma analogia, a energia térmica gerada pelo atrito nos engrenamentos de um redutor e a energia elétrica consumida no motor elétrico de acionamento deste redutores, podemos

chegar a conclusão de que a perda de calor nos engrenamentos em virtude do atrito entre as engrenagens é uma fator elevado de perda a ser considerada. Utilizando um lubrificante que tem as propriedades de micro-fusão ou de redução do atrito entre as partes em contato, com esta redução haverá também uma redução do torque necessário ao motor elétrico para acionar o equipamento e, conseqüentemente, redução do consumo de energia limitando a alguns fatores, como:

- potência reativa consumida necessária para gerar o fluxo eletromagnético;
- correte de carga nominal do equipamento;
- fator de serviço;
- rendimento.

Em virtude destes fatores e demais perdas é que a redução do consumo de energia elétrica, apesar de possuir uma correlação entre o torque exigido ao eixo do motor elétrico, não gera uma redução no mesmo percentual comparando com as reduções em temperatura da máquina e vibração.

Para estes ensaios foi usado um Analisador de Energia com Software Topview para geração e coleta dos dados , conforme ilustrado na Figura 10



Figura 10 - Analisador de Energia com Software Topview.

3 RESULTADOS

3.1 Resultados do Coletor de vibração Pruftechnik Vib Xpert II

Foram feitas coletas de vibração no motorreductor instalado em uma Mineradora, dados foram coletados com o equipamento utilizando óleo convencional (seta azul e harmônicas do gráfico em preto) e óleo de alta performance, Castrol Optigear BM (seta e harmônicas do gráfico em verde).

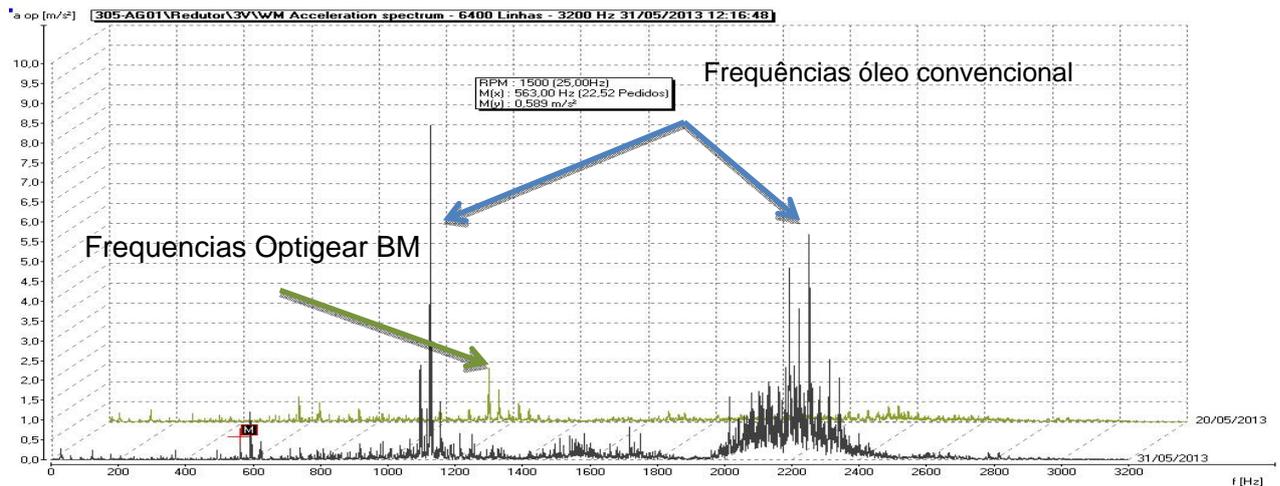


Figura 11 – Resultados de análise de vibração.

Na Figura 11 do espectro acima em aceleração RMS sem filtro de 0 - 3200 Hz, apresenta um comparativo entre as frequências defeito nos engrenamentos do redutor, onde a frequência do engrenamento de entrada (563 Hz – portadora) e suas harmônicas apresentam uma redução de até 600%, comparando o Optigear BM com óleos convencionais.

3.2 Resultados da Camera Termográfica Flir T-350

Utilizando câmera termográfica para coleta de dados de temperatura dos equipamentos onde foi aplicado o Óleo de tecnologia Extrema Pressão Convencional e o Óleo Lubrificante de Alta Performance Castrol Optigear BM, foram obtidos os seguintes gradientes de temperatura. As Figuras 12 e 13 ilustram os resultados práticos obtidos e a redução de temperatura máxima de 73,5 °C para 54,2 °C usando óleo de alta performance Castrol Optigear BM.

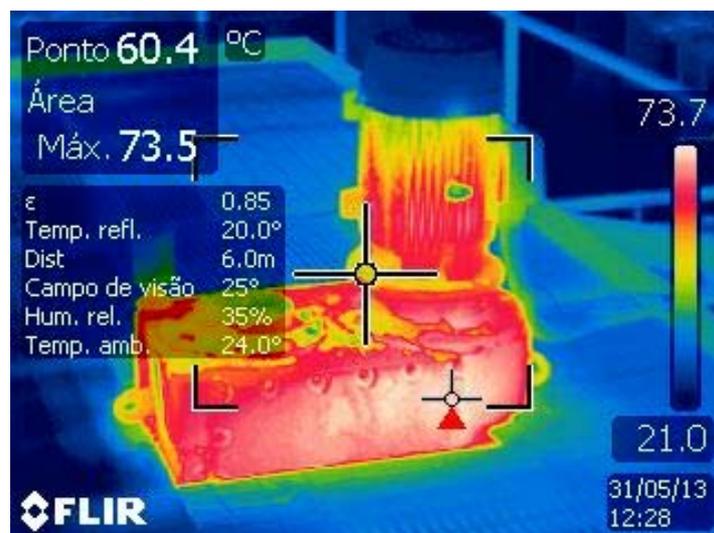


Figura 12 - Resultados Termografia - Óleo de tecnologia extrema pressão convencional.

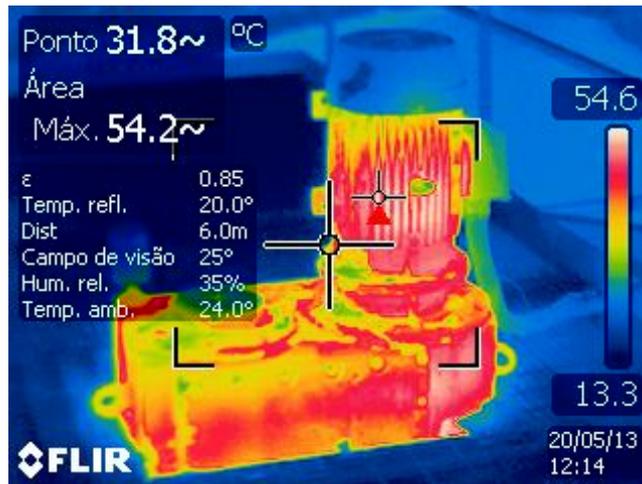


Figura 13 - Resultados Termografia - Óleo Lubrificante de Alta Performance Optigear BM – Castrol.

3.3 Resultados do Analisador de Energia - Software Topview

Através dos dados coletados e analisados foram obtidos ótimos resultados com ganhos em redução do consumo de energia numa faixa entre 8% a 18%, conforme condição de trabalho do moto redutor. Assim, no dado prático analisado, um moto/redutor de acionamento de um agitador de pasta de minério trabalhando sob condições severas de carga e choques em uma mineradora, obteve-se uma redução em 18,9% de consumo de energia.:

Cursor 1		Cursor 2		Time differenc				
27/05/2013 10:38:00		27/05/2013 11:38:00		0/0/0 01:00:00				
DIFF								
1	2	*	Parameters	Col.	Thick.	Cur. 1	Cur. 2	DIFF
⊕ Voltage								
⊕ Current								
⊖ Active power/energy								
⊖ Global load								
		<input type="checkbox"/>	Pt+_Avg [W]	█	1	0	0	0
		<input type="checkbox"/>	Pt+_Max [W]	█	1	0	0	0
		<input type="checkbox"/>	Pt+_Min [W]	█	1	0	0	0
		<input checked="" type="checkbox"/>	Eat+_Avg [Wh]	█	2	15249,1	32257,7	17008

Figura 14 - Gasto de Energia com Óleo Convencional (1º redutor)

Cursor 1		Cursor 2		Time differenc				
20/05/2013 12:53:39		20/05/2013 13:53:42		0/0/0 01:00:03				
DIFF								
1	2	*	Parameters	Col.	Thick.	Cur. 1	Cur. 2	DIFF
⊕ Voltage								
⊕ Current								
⊖ Active power/energy								
⊖ Global load								
		<input type="checkbox"/>	Pt+_Avg [W]	█	1	0	0	0
		<input type="checkbox"/>	Pt+_Max [W]	█	1	0	0	0
		<input type="checkbox"/>	Pt+_Min [W]	█	1	0	0	0
		<input checked="" type="checkbox"/>	Eat+_Avg [Wh]	█	2	374,8	14157,1	13782,3

Figura 15 - Gasto de Energia com Óleo Optigear BM (1º redutor)

**Redução
18,9 %**

Tendo em vista os resultados elevados de redução de consumo de energia, foi escolhido para avaliação e comparação de resultados um outro moto redutor de acionamento de correia transportadora da mesma Mineradora, trabalhando em condições mais brandas de operação. O resultado desta feita foi de 7,4% o qual embora inferior aos 18,9% anterior, ainda é bastante significativo.

Cursor 1		Cursor 2		Time differenc				
19/05/2013 13:42:00		19/05/2013 14:43:00		0/0/0 01:01:00				
DIFF								
1	2	*	Parameters	Col.	Thick.	Cur. 1	Cur. 2	DIFF
+ Voltage								
+ Current								
- Active power/energy								
- Global load								
		<input type="checkbox"/>	Pt+_Avg [W]	1	0	0	0	0
		<input type="checkbox"/>	Pt+_Max [W]	1	0	0	0	0
		<input type="checkbox"/>	Pt+_Min [W]	1	0	0	0	0
		<input checked="" type="checkbox"/>	Eat+_Avg [Wh]	1	126665,6	129597,0	2931,4	

Figura 16 - Gasto de Energia com Óleo Convencional no 2º redutor

Cursor 1		Cursor 2		Time differenc				
18/05/2013 06:38:00		18/05/2013 07:40:00		0/0/0 01:02:00				
DIFF								
1	2	*	Parameters	Col.	Thick.	Cur. 1	Cur. 2	DIFF
+ Voltage								
+ Current								
- Active power/energy								
- Global load								
		<input type="checkbox"/>	Pt+_Avg [W]	1	0	0	0	0
		<input type="checkbox"/>	Pt+_Max [W]	1	0	0	0	0
		<input type="checkbox"/>	Pt+_Min [W]	1	0	0	0	0
		<input checked="" type="checkbox"/>	Eat+_Avg [Wh]	1	47200,5	49914,8	2714,3	

Figura 17 - Gasto de Energia com Óleo Optigear BM no 2º Redutor

**Redução
7,4%**

4 DISCUSSÃO

Estes resultados práticos comparando óleo convencional EP e de alta performance Optigear BM nos levam a algumas conclusões:

1. Quanto maior a relação de redução e quantidade de estágios, maior será o ganho em energia correlacionado a redução do atrito entre os engrenamentos.
2. Quanto maior a severidade em que o equipamento estiver trabalhando, principalmente em situações em que o motorreductor possui a corrente de carga muito próxima a corrente nominal do equipamento, maior será a redução da potencia ativa consumida e conseqüentemente a redução da energia consumida.
3. Importante também mencionar que, além dos ganhos em redução da potência ativa consumida, há ganhos relacionados ao aumento da vida útil dos engrenamentos e confiabilidade da máquina.

Estas conclusões podem ser validadas também por dados históricos de aumento de desempenho dos engrenamentos e menor necessidade de intervenções de manutenção. O 1º redutor testado é acoplado num agitador de pasta de minério que trabalha sob condições severas de carga e choques e por este motivo tinha de 4 a 6 intervenções anuais da manutenção para troca de óleo (em média cada 48 dias) ou reparo no redutor. Isso causava prejuízos e atraso na produção. Após a introdução do Castrol Optigear BM em 2008 as intervenções passaram a ser de uma a cada 2 anos, sendo basicamente para troca da carga do óleo.



Figura 18 - Demonstra o aumento da confiabilidade do equipamento após a aplicação do óleo lubrificante Optigear BM Castrol.

5 CONCLUSÃO

Os benefícios com uso de lubrificantes de alta performance para melhor funcionamento dos equipamentos é óbvio. O maior preço inicial inicial pode ser facilmente compensado por :

- redução de consumo de energia na faixa de 8% a 18 % em equipamentos como moto redutores, como ilustrado neste trabalho;
- maior vida útil do óleo mesmo em condições muito severas de trabalho, como ilustrado no histórico desta mineradora que estendeu troca do óleo de 48 dias para 2 anos.
- maior confiabilidade dos equipamentos, permitindo ganhos de produtividade, redução de paradas de manutenção não programadas e custos totais.

Agradecimentos

A Castrol gostaria de agradecer a WM Preditiva pela geração dos dados práticos.

REFERENCIAS

- 1 PANESI, Andre R. Quinteros, Fundamentos da Eficiência Energética, 1ª Ed. Ensino Profissional 2006.
- 2 RAO, Singiresu, Vibrações Mecânicas, 3ª Ed. Pearson, 2009.
- 3 ALMEIDA, M. T. Apostila do curso de Análise de Vibrações. Escola FUPAI, 2005.