

MONITORAMENTO CONDICIONAL POR TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PARA AVALIAÇÃO DE DESGASTE DOS REVESTIMENTOS ESPIRAIS DOS MOINHOS VERTICAIS*

Marlon Fábio Marques Lino¹
Ricardo Oliveira Coutinho²
Kellson Takenaka Menezes³

Resumo

O presente trabalho aborda a aplicação de uma nova técnica preditiva de manutenção por condição, utilizando da termografia infravermelha, para monitoramento de vida útil dos revestimentos da hélice dos moinhos verticais do projeto Minas-Rio, apresentando um método de inspeção inovadora, onde foi identificado um padrão de comportamento termográfico que indiretamente define a condição de desgaste dos revestimentos da hélice, podendo assim definir o momento ideal para troca dos revestimentos, garantindo a confiabilidade do equipamento, o custo orçado e a performance do revestimento. Atualmente já estabelecemos uma rotina de monitoramento aplicando a técnica de inspeção termográfica, onde a partir dos dados levantados é gerado um relatório que define para o PCM a sequência ideal para troca dos revestimentos.

Palavras-chave: Termográfica; Moinhos Verticais; Revestimento da Hélice.

CONDITIONAL MONITORING BY INFRARED THERMOGRAPHY FOR WEIGHT EVALUATION OF SPIRAL COATINGS OF VERTICAL MILLS

Abstract

The present work deals with the application of a new conditional predictive maintenance technique, using infrared thermography, to monitor the life of the vertical windmill propellers of the Minas-Rio project, presenting an innovative inspection method, where a thermographic behavior standard that indirectly defines the condition of wear of the propeller linings, thus being able to define the ideal moment for the replacement of the linings, guaranteeing the reliability of the equipment, the budgeted cost and the performance of the coating. Currently we have established a monitoring routine applying the technique of thermographic inspection, where from the collected data a report is generated that defines for PCM the ideal sequence for changing the coatings.

Keywords: Thermographic; Vertical Mills; Propeller Coating.

¹ Administração de Empresas, Bacharel, Técnico de Manutenção, Confiabilidade/Engenharia de Manutenção e Oficinas, Anglo American, Conceição do Mato Dentro, MG Brasil.

² Engenheiro Metalurgista, Engenheiro de Manutenção Sênior, Confiabilidade/Engenharia de Manutenção e Oficinas, Anglo American, Conceição do Mato Dentro, MG Brasil.

³ Engenharia Mecânica, titulação, Coordenador, Confiabilidade/Engenharia de Manutenção e Oficinas, Anglo American, Conceição do Mato Dentro, MG Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A *Iron Ore Brazil (IOB)* é a Unidade de Negócios da empresa Anglo American cujo projeto em minério de ferro é o Sistema Minas-Rio localizado em Conceição do Mato Dentro MG.

Sua operação teve início no segundo semestre de 2014, com uma capacidade projetada para produzir 24,5 milhões toneladas ano base seca de pellet feed, e para tal, ela conta com um mina de itabirito lavrada em processo convencional de detonação e transporte por caminhão fora de estrada, o beneficiamento é composta pelas etapas de britagem primária e secundária, prensas de rolos, circuito de moagem com moinhos de bolas, dois estágios de deslamagem em ciclones Gmax, flotação reversa em células tanque, classificação em ciclones secundários Gmax, remoagem em moinhos verticais e espessamento. O produto final será escoado pelo Mineroduto cuja extensão é de 529 km até o porto, localizado no município de São João da Barra, estado do Rio de Janeiro. Em São João da Barra o pellet feed será filtrado, empilhado e carregado em navios para exportação.

Nos últimos anos de operação, buscamos atingir a produção projetada, o que surgiu vários desafios, pois o projeto traz equipamentos pouco conhecidos na mineração tradicional como, prensa de rolos, moinhos vertmill e filtro Ceramec, diante desse cenário nos deparamos com a necessidade de desenvolver novos métodos e tecnologias para manutenção desses equipamentos, o que nos levou a aplicar tecnologias preditivas para maior assertividade no planejamento e execução da manutenção.

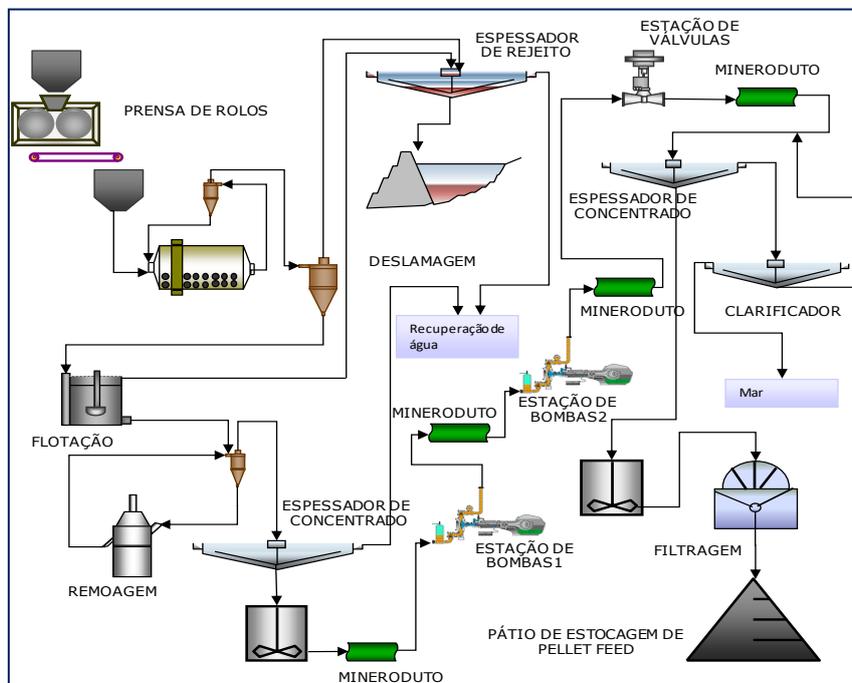


Figura 1. Fluxo de produção do beneficiamento e transporte para o RJ.

2 DESENVOLVIMENTO

Na busca de novos métodos de monitoramento preditivo a Gerência de Engenharia de Manutenção, intensificou a aplicação de termografia nas rotinas de preditiva para maior agilidade de informação e busca da maior eficiência dos componentes de desgaste, gerando maior disponibilidade física para o beneficiamento e menor custo de manutenção.

Neste âmbito estamos aplicando a técnica de inspeção termográfica e conseguindo resultados satisfatório no monitoramento dos moinhos verticais “VERTIMILL”, tivemos que desenvolver um método inovador para o monitoramento dos revestimentos da hélice, pois não havia tecnologia no mercado para tal aplicação.

A termografia é uma técnica não destrutiva que utiliza os raios infravermelhos, para medir e observar padrões diferenciais de distribuição térmica, com o objetivo de propiciar informações relativas à condição operacional de um componente, equipamento ou processo. É uma ciência que envolve o uso de dispositivos ópticos eletrônicos (Câmera Termográfica) para detectar e medir a radiação e correlacioná-la com a temperatura da superfície do objeto.

Sendo, portanto, uma verificação realizada periodicamente para checar as condições das instalações industriais, bem como, controles de processo, circuitos elétricos e equipamentos mecânicos.

Atualmente existem diversas câmeras termográficas no mercado e softwares para uma análise detalhada do objeto, bem como análise em vídeos radiométricos permitindo uma inspeção em objetos não estáticos (ex. Moinhos de Bolas).

Apesar da Termografia ser uma técnica já disseminada no âmbito industrial, sua aplicação em determinados seguimentos ainda é um desafio para as empresas.

Hoje de forma consolidada estamos aplicando a técnica de inspeção termográfica para monitorar a condição dos revestimentos helicoidais dos moinhos verticais.

1.1 Moinhos Verticais (Vertimill)

Moinho vertical é um equipamento aplicado na mineração, utilizado na etapa de moagem secundária, capaz de moer material de 6 mm obtendo produtos de até 20 microns.

Seu princípio de funcionamento é o contato do material com um corpo moedor que está em constante atrito através do movimento da hélice helicoidal que está instalada no interior do equipamento. Pela parte inferior é realizado a alimentação e o produto resultante é transbordado no topo do Vertimill.

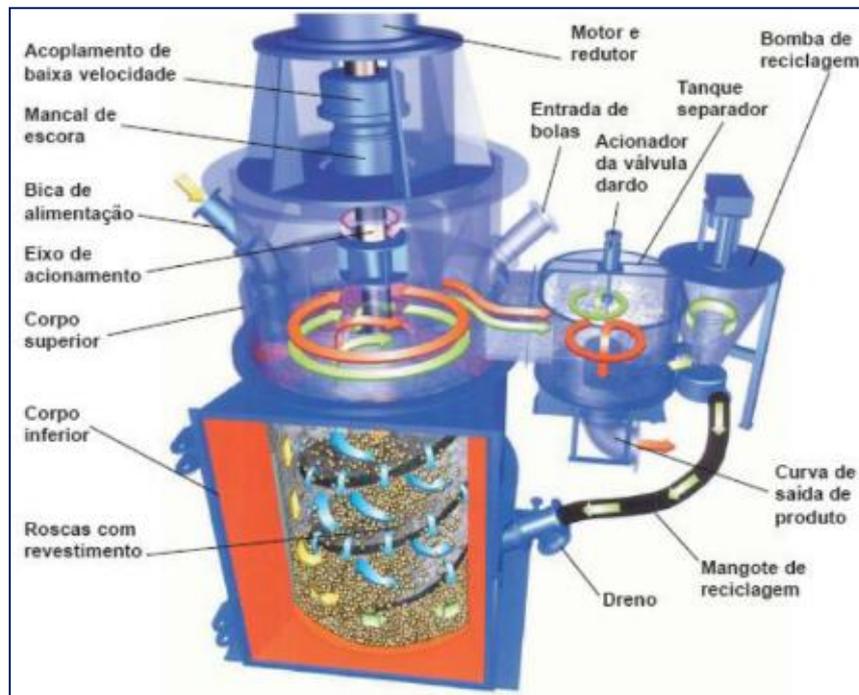


Figura 2. Moinho vertical com fluxo de operação.

O trabalho desenvolvido nos Moinhos Verticais consiste em prever a troca do revestimento da hélice do moinho vertical sem abertura prévia do moinho, através de uma técnica indireta utilizando de equipamento termográfico.

A operação dos moinhos com desgaste acentuado do revestimento pode gerar uma série de impactos, a saber:

- ✓ Operacionais – (perda de eficiência na moagem, menor produtividade e maior consumo de corpo moedores).
- ✓ Equipamentos – (desgaste do eixo, paradas não programadas).
- ✓ Consumo de Energia – (equipamento operando com baixa taxa de produção).

O problema que no método convencional só é possível a realização da inspeção do revestimento da hélice mediante parada do equipamento, abertura e drenagem de toda carga de corpo moedores (parada estimada em 24h), impactando no tripé: segurança x custo x disponibilidade.



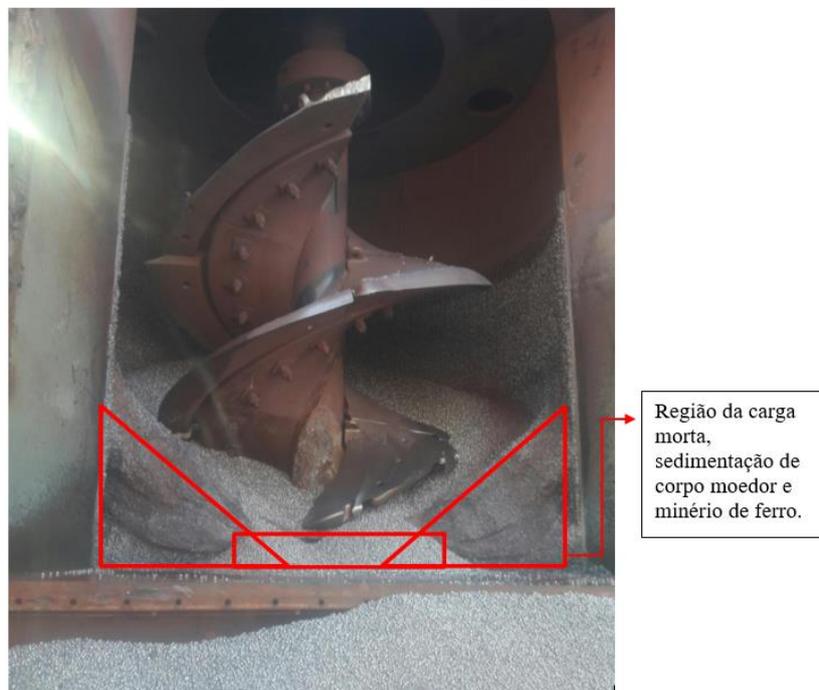
Figura 3. Revestimento helicoidal final de vida.



Figura 4. Revestimento helicoidal novo.

1.2 Aplicação da Termografia

A aplicação da inspeção termográfica foi possível devido a variação do gradiente térmico na carcaça do moinho vertimill, esta variação ocorre devido a formação de uma zona morta de corpo moedor na parte interna, ou seja, no decorrer do desgaste do revestimento espiral ocorre perda gradual da capacidade de levantamento da carga do moinho criando assim uma zona morta de material sedimentado na extremidade inferior.



Região da carga morta, sedimentação de corpo moedor e minério de ferro.

Figura 5. Moinho vertical com sedimentação de material

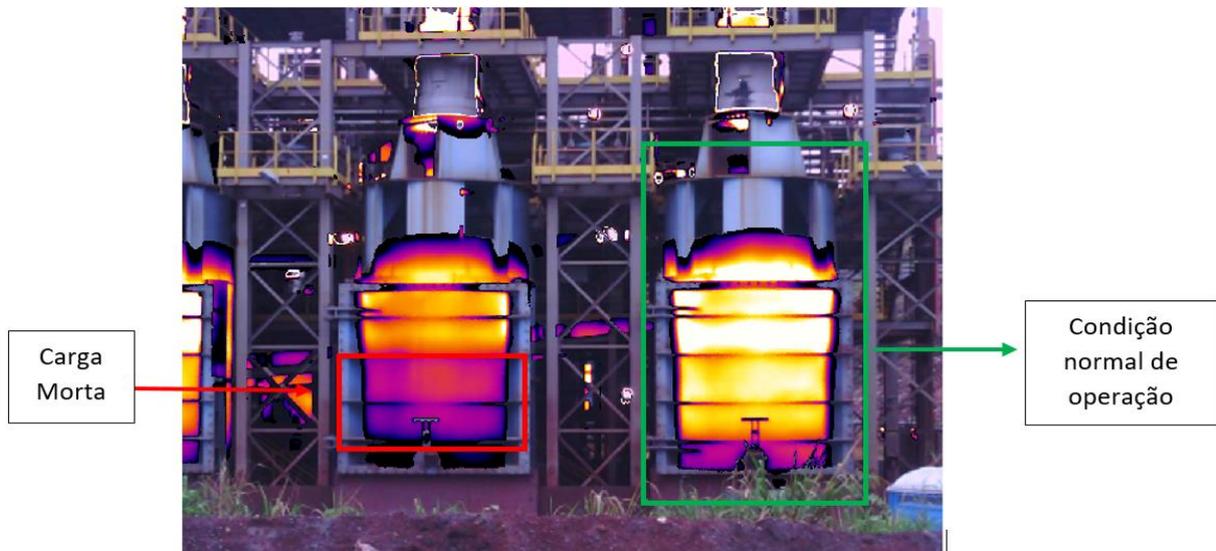


Figura 6. Fusão Térmica comparando 02 moinhos verticais.

Conforme em destaque na (figura 05) a zona morta é formada por corpo moedor e polpa de minério de ferro estes passam a não homogenizar com o material em processamento, ocorrendo uma variação térmica.

O trabalho desenvolvido baseou-se no monitoramento da variação térmica durante o ciclo de vida do revestimento, foi elaborado um procedimento para coleta de dados determinando horário, distância, equipamento de medição e modelo de relatório.

A câmera termográfica utilizada no desenvolvimento do trabalho é uma câmera *Flir* modelo T-1020, as medições térmicas foram sempre realizadas no período da manhã sem a influência de luz solar e a uma distância de 11 metros dos moinhos verticais.

Linha do tempo.

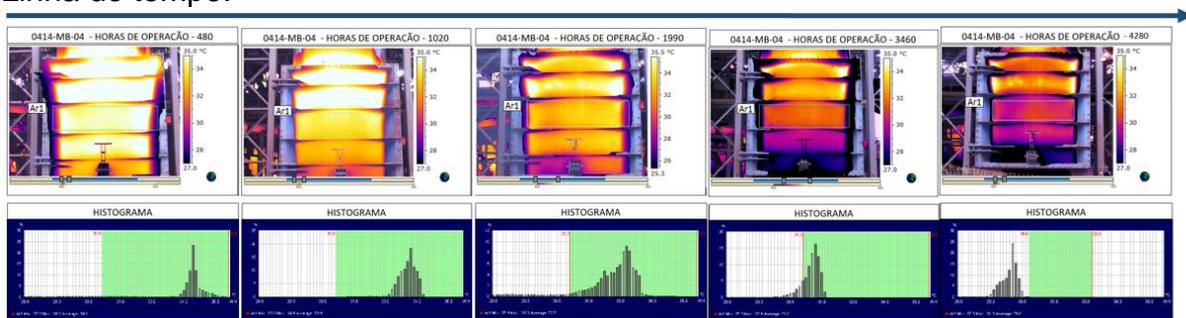


Figura 7. Linha do tempo, variação térmica do moinho vertical.

Em destaque na (figura 07) a linha do tempo do moinho 0414-MB-04, foi determinado uma área na carcaça do moinho onde através do histograma conseguimos avaliar a variação térmica no decorrer de sua operação.

Após acompanhamento da variação do gradiente térmico do equipamento e vários meses de inspeção termográfica (amostragem superior a 100) foi possível implantar uma faixa de operação ideal para as condições dos revestimentos. Na implantação do trabalho as inspeções termográficas eram realizadas quinzenais onde definimos a ordem de intervenção dos moinhos verticais, atualmente a inspeção é realizada mensalmente entre os dias 10 á 15 de cada mês informando a projeção do mês subsequente.

1.3 Horímetro x Termografia

Com a aplicação da inspeção termográfica evidenciamos que o desgaste dos revestimentos pode sofrer variações em seu ciclo operacional. Conforme podemos observa na (figura 08), o moinho 0414-MB-06 com 3783 horas em operação, apresenta um termograma com níveis de desgaste superior ao moinho 0416-MB-01 com 4364 horas de operação.

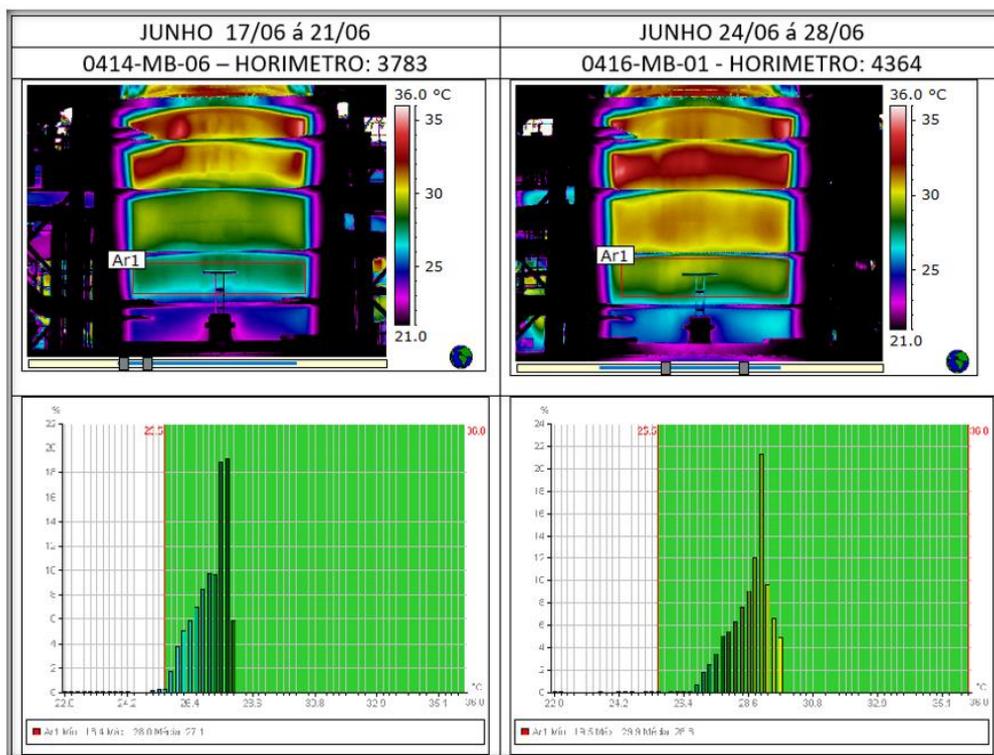


Figura 8. Termograma, comparando a variação térmica do moinho vertical.

Com a aplicação da inspeção termográfica nos revestimentos dos moinhos, obteve-se um aumento expressivo na confiabilidade operacional, visto que hoje é possível definir o nível de desgaste dos revestimentos do Vertimill e assim evitar paradas e aberturas de equipamentos que ainda não atingiram o nível de desgaste considerado crítico para sua operação.

1.4 Testes de novos revestimentos

Outro ganho importante que devemos destacar na aplicação do monitoramento termográfico foi a possibilidade do acompanhamento dos revestimentos em testes. Antes da aplicação da termográfica era necessário um acompanhamento baseado no horímetro com aberturas programadas e inspeção visual do revestimento e scanner 3D impactando na Disponibilidade física do equipamento.

Devido ao impacto da parada e abertura do moinho vertical nem sempre conseguíamos realizar os testes.

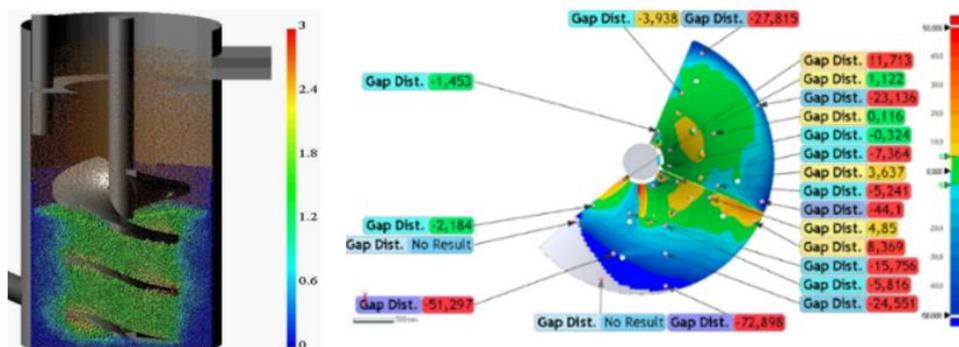


Figura 9. Imagens Scanner 3D para desenvolvimento de novas peças.

Atualmente os revestimentos em teste são realizados o monitoramento preditivo através da termografia com medições mensais.

Também temos que destacar que o trabalho da termografia vai além das inspeções, hoje existe todo um acompanhamento do técnico da preditiva referente aos revestimentos instalados, horímetro do equipamento, quantidade de revestimento que foi substituída por moinho, revestimento em teste, fechamento de ciclo de troca.

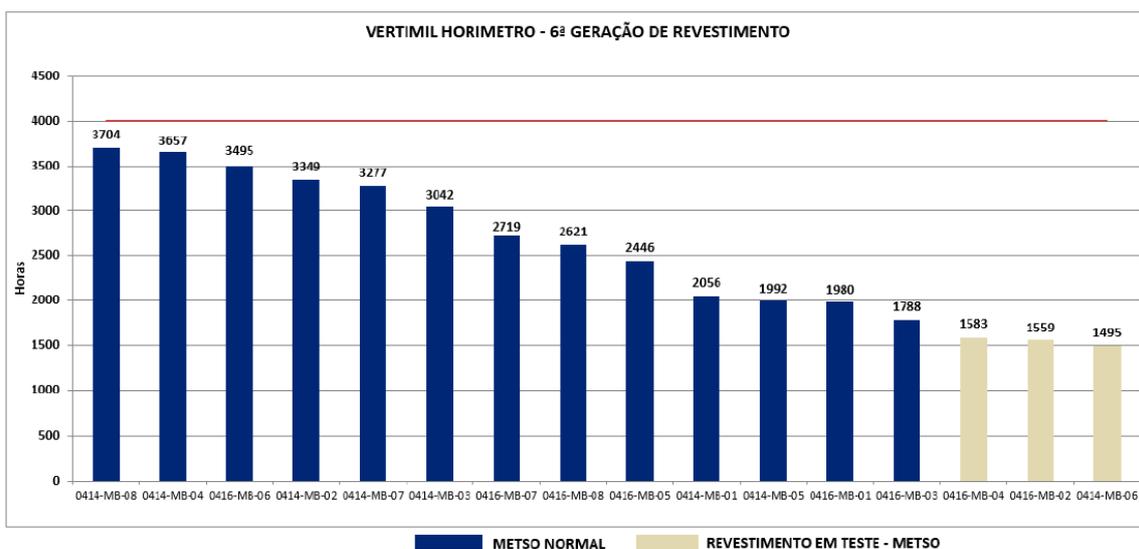


Figura 10. Acompanhamento de troca dos revestimentos.

3 CONCLUSÃO

Com a aplicação da rotina por termografia nos últimos dois ciclos de troca, obtivemos um ganho de vida útil médio dos revestimentos de 9%, saindo das atuais 3.900 horas para 4.250 horas de operação, o que reduzimos em 8,3% o número de intervenções anuais, gerando um ganho anual próximo de R\$ 2.000.000.

Temos que destacar outros importantes ganhos, como:

- ✓ A possibilidade de monitoramento, que até o momento era inexistente no mercado.
- ✓ Aumento da confiabilidade do circuito de moagem, garantindo o plano de troca.
- ✓ Ganho de planejamento devido de previsibilidade de performance dos revestimentos
- ✓ Acompanhamento preciso dos revestimentos em desenvolvimento.

Com a aplicação desta nova técnica de monitoramento condicional e o desenvolvimento de novas peças de maior performance, esperamos aumentar a vida útil média dos revestimentos para 8000 horas, possibilitando uma intervenção anual por moinho.

Agradecimentos

Agradecemos a Anglo American pela oportunidade de desenvolvimento de trabalhos inovadores e a toda equipe que contribuiu para a realização dos testes e compilação dos resultados. A Gerência de Engenharia de Manutenção e Oficina da Anglo American que apoiou e disponibilizou os recursos necessários.