



SUBSTITUIÇÃO DO ROLAMENTO PRINCIPAL DA TORRE GIRATÓRIA DA MÁQUINA DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO 2 DA ARCELORMITTAL TUBARÃO FOCO: ENGENHARIA DO PROJETO ¹

Daniel de Oliveira Cardoso ²
Roberto da Silva Murrer ³
Salustiano Martins Pinto Junior ⁴
Thiago Bortal de Oliveira Braga ⁵

Resumo

A ArcelorMittal Tubarão (AMT) possui três máquinas de lingotamento contínuo (MLC) e toda a produção de aço solidificado (7,5Mton/ano) da empresa passa por estes equipamentos. Em 2008 foi necessário realizar a substituição do rolamento principal da torre giratória da MLC02 em função de seu desgaste interno que atingiu o fim de sua vida útil. Para tanto, foi necessário iniciar os procedimentos preparativos desde o ano de 2007, sendo realizada uma análise aprofundada de engenharia sobre a melhor forma para substituição deste componente focando a menor perda de produção. Este trabalho visa detalhar o desenvolvimento do conceito utilizado para realizar a substituição do rolamento, identificar os principais pontos fortes e ganhos adquiridos. Além disso, será apresentada a metodologia de manutenção preditiva abordada para controlar o desgaste do rolamento.

Palavras-chave: Lingotamento contínuo; Torre giratória; Rolamento.

EXCHANGE OF LADLE TURRET MAIN BEARING OF ARCELORMITTAL TUBARÃO IN CONTINUOUS CASTING MACHINE 2 – FOCUS: PROJECT ENGINEERING

Abstract

ArcelorMittal Tubarão (AMT) has three continuous casting machines (CCM) and the entire production of steel (7.5 Mton / year) goes through these equipments. In 2008 it was necessary to replace the main bearing of the ladle turret of CCM02 due to loss of wear which it has reached the final of its useful life. Therefore, it was necessary start's the exchange procedures since the year of 2007, and provide a complex analysis of engineering on how to replace this component focusing the least loss of production. This paper aims to detail the development of the concept used to achieve the replacement of the main bearing, to identify the main strengths points and gains made in this operation. Beside that, it will be presented the predictive maintenance methodology used to control the loss of wear of this bearing.

Key words: Continuous casting, Ladle turret, Bearing.

¹ Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Mecânico – ArcelorMittal Tubarão – Técnico em inspeção e predição mecânica IAMP

³ Administrador – ArcelorMittal Tubarão – Gerente de área IAMP

⁴ Engenheiro mecânico – ArcelorMittal Tubarão – Especialista de Manutenção IUM

⁵ Engenheiro mecânico – ArcelorMittal Tubarão – Especialista de Manutenção IAMP

1 INTRODUÇÃO

O lingotamento contínuo faz parte das principais indústrias siderúrgicas do mundo e é o processo de solidificação do aço líquido, transformando-o em placas sólidas.⁽¹⁾ A ArcelorMittal Tubarão possui 3 máquinas de lingotamento contínuo com datas de início de produção conforme a seguir:

MLC01 – 1995; MLC02 – 1998; MLC03 – 2007.

Cada máquina de lingotamento possui diversos sub-componentes que se situam em áreas distintas, descritas a seguir:

- área de painelas;
- plataforma de lingotamento;
- câmara de spray
- mesa de rolos; e
- Eta.

Estas áreas ficam mais bem representadas de acordo com a Figura 1 (com exceção da área da ETA que fica em um prédio separado):

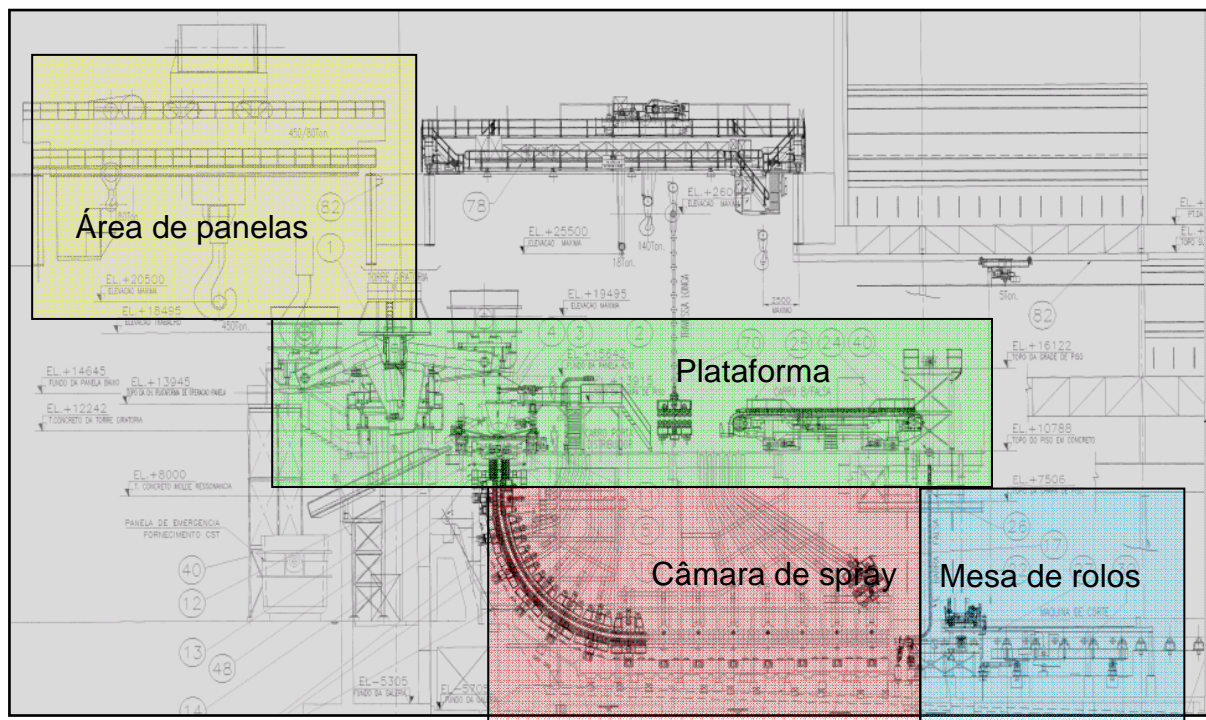


Figura 1 – Detalhamento das áreas de uma máquina de lingotamento contínuo.

1.1 A Torre Giratória

Na área da plataforma, um dos principais equipamentos é a torre giratória que é responsável pelo recebimento das painelas com aço líquido provenientes da área de painelas e giro para a área de plataforma. Com isso inicia-se o processo de lingotamento com a abertura da válvula gaveta da painela de aço e o enchimento do distribuidor com aço líquido e resfriamento primário nos moldes. Ao término do aço da painela que está em lingotamento, ocorre novamente o mesmo ciclo mantendo continuamente a produção da máquina até que haja a necessidade de uma parada de produção.⁽¹⁾ Desta forma, a torre giratória realiza uma volta a cada painela que entra em operação conforme a Figura 2.



Figura 2 – Detalhamento do funcionamento da torre giratória.

1.2 O Rolamento de Giro

Cada painela de aço pesa em média 460 ton, podendo a torre realizar o giro com 2 painelas cheias totalizando cerca de 920 ton. O giro somente é possível devido à existência de um rolamento que permite a movimentação da parte superior da torre. Com o peso próprio da estrutura mais 2 painelas o peso total a ser girado pode chegar à ordem de 1.380 ton.⁽²⁾ O rolamento citado (Figura 3) trata-se de um dos itens mais importantes onde devemos manter o controle de desgaste e previsibilidade de substituição. Além de seu alto custo de aquisição, qualquer falha não prevista implica diretamente em parada de produção da máquina de lingotamento contínuo gerando perdas significativas de produção e de geração de receita para a companhia.



- Ø externo: 4.900 mm
- Peso rolamento: 7.500 kg
- Fabricante Rothe Erde (alemã)

Figura 3 – Detalhe do rolamento novo com informações básicas.

Devido aos fatores comentados, faz-se necessário ter um acompanhamento detalhado da condição de desgaste do rolamento buscando ter informações confiáveis e a tempo hábil para se tomar as devidas ações gerando menor perda para a companhia. Tal acompanhamento é feito atualmente de acordo com o manual do fabricante do rolamento e consiste basicamente em se medir as folgas internas do rolamento e de acordo com a tendência histórica podemos traçar a curva de desgaste e o momento de substituição do componente.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Inspeção e Controle do Desgaste do Rolamento

O ponto de maior desgaste esperado da folga do rolamento é o chamado ponto “S”, ou Softening point⁽³⁾ devido este ser o mais frágil do rolamento, pois possui uma zona que não recebeu o endurecimento do tratamento térmico na fabricação. Pela

concepção do fabricante, o ponto “S” deve ser montado fora da zona de maior carregamento (posição 4 da Figura 4), porém por falha na montagem, o ponto “S” foi montado na posição 2, que é justamente a de maior carga onde toda panela carregada passa sobre esta região devido o sentido de giro. Com isto, a vida útil do rolamento de giro foi influenciada negativamente devido a este pequeno detalhe no momento da construção da MLC02.

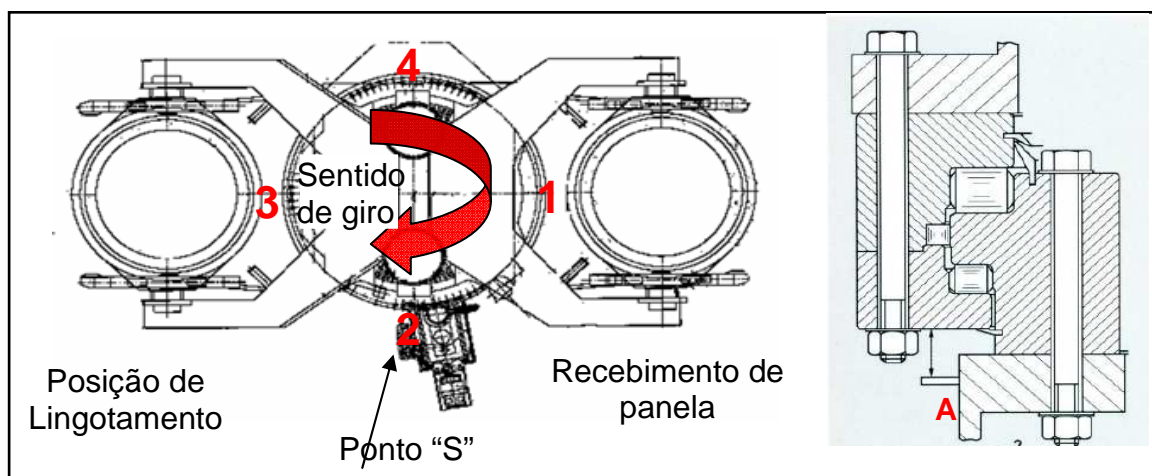


Figura 4 – Medição da folga do rolamento de giro.

A medição da folga é feita da seguinte maneira (Figura 4):

- receber uma panela vazia na posição de recebimento 1;
- posicionar o micrômetro de precisão de 0,01 mm no ponto A;
- medir o gap entre as pistas interna (anel inferior) e externa (anel superior + anel central) nos pontos 1, 2, 3 e 4;
- realizar um giro de 180° na torre até que a panela vazia atinja a posição de lingotamento;
- medir o gap entre as pistas interna (anel inferior) e externa (anel superior + anel central) nos pontos 1, 2, 3 e 4; e
- para se definir o valor do desgaste subtraem-se os valores obtidos em cada medida para cada posição e adota-se como o maior desgaste o ponto com maior valor após a subtração.

Com a medição da folga e utilização de ferramentas de projeção simples é possível acompanhar a evolução do valor da folga e adotar as medidas e ações de controle em tempo hábil. A evolução da medição da folga, bem como os parâmetros avaliados pode ser visto na Figura 5. Até dezembro de 2006 os valores da folga medidos não haviam sofrido alterações significativas mas a partir de janeiro de 2007 houve um incremento no valor da folga e após junho de 2007 a folga iniciou um desgaste quase que linear ultrapassando o valor de referência da folga medida quando havíamos substituído o rolamento de giro da MLC01 em 2003.

2.2 Cenários em 2003 e 2008 para a Substituição do Rolamento de Giro

O cenário em 2003 era completamente diferente do cenário de 2008. As principais diferenças baseiam-se em produção maior e uma máquina de lingotamento contínuo a mais em 2008. E este fator foi fundamental para que fosse necessário realizar um estudo para avaliar novas metodologias para substituição do rolamento de giro a ser executada na MLC02.

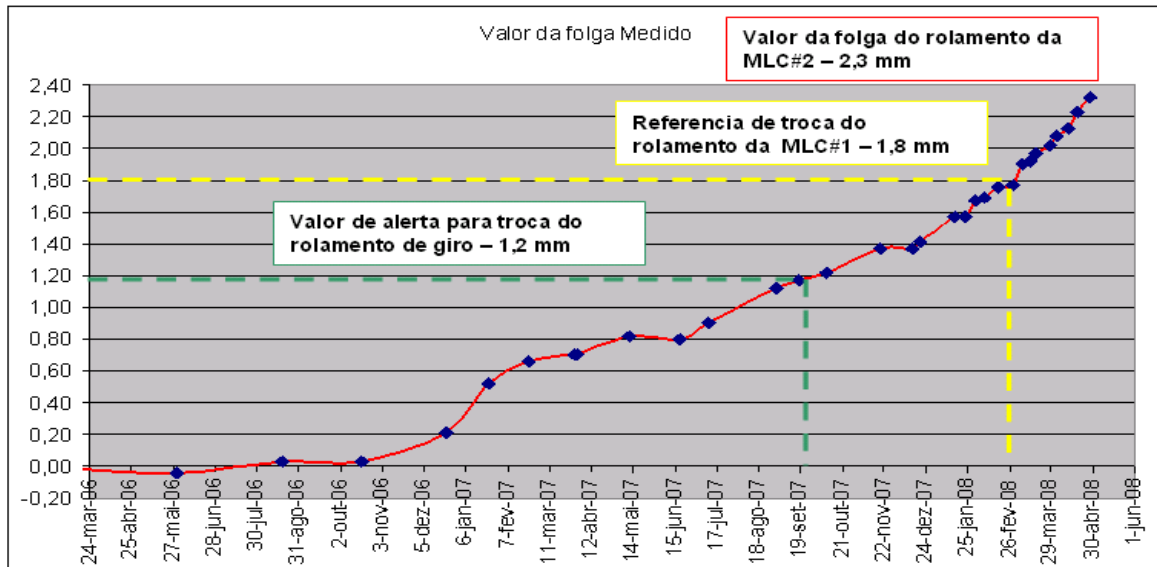


Figura 5 – Detalhe do acompanhamento da folga do rolamento de giro.

Em 2003, existiam apenas as máquinas de lingotamento contínuo 1 e 2, que eram atendidas pelas pontes de carregamento de panela de aço 44PR01 e 46PR02. Desta forma, a metodologia de substituição do rolamento de giro considerou a utilização de 2 pontes rolantes, a 44PR01 (de carregamento de panela de aço) e a 44PR03 (de carregamento de distribuidor). Através de uma barra de carga especialmente projetada, foi feito o içamento do conjunto superior completo da torre giratória da MLC01. Desta forma foi possível alcançar a região do rolamento de giro permitindo fazer todas as manobras (Figura 6).

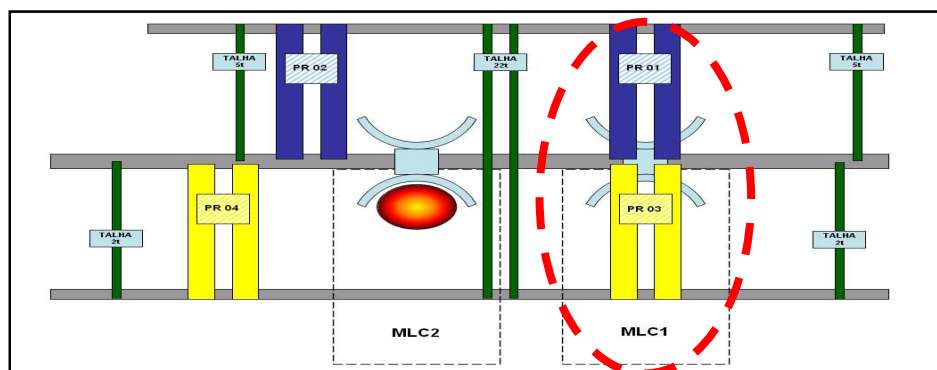


Figura 6 – Lay out do posicionamento das pontes rolantes em 2003 durante a troca do rolamento da torre giratória.

Em 2008, o cenário era outro. Além das máquinas de lingotamento contínuo 1 e 2, foi implantada a MLC03, mas o carregamento de panela de aço continuava sendo atendido apenas pelas pontes rolantes 44PR01 e 46PR02.

Desta forma, caso fosse optado por realizar a substituição do rolamento de giro da mesma maneira feito em 2003, ocorreria a parada de produção de outra máquina além da parada da MLC02 para a troca do conjunto em si causando um impacto significativo na receita e na produção total da ArcelorMittal Tubarão (Figura 7).

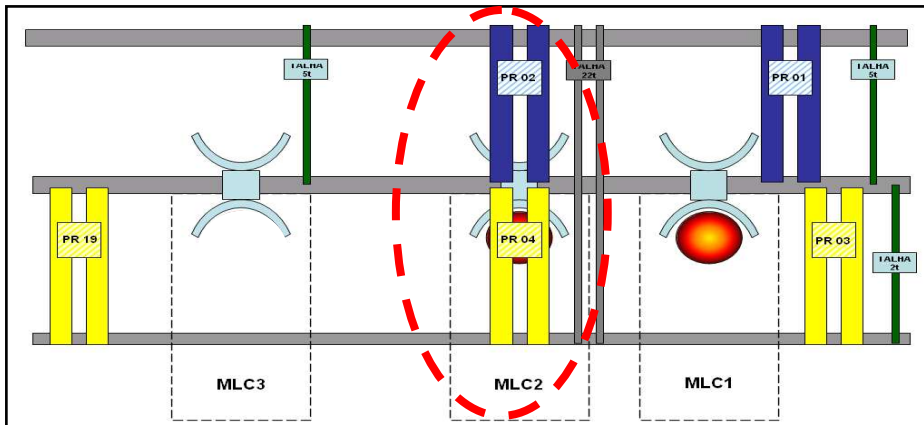


Figura 7 – Lay out do posicionamento das pontes rolantes para realizar a troca do rolamento da torre giratória em 2008 com a mesma metodologia de 2003.

2.3 Análise da Metodologia para Troca do Rolamento de Giro da MLC01 em 2003

Embora já fosse conhecido que haveria uma grande perda de produção caso fosse utilizado tal metodologia, ela não foi prontamente descartada e até a definição da forma de execução, contratação das empresas executantes e fabricação dos recursos necessários ela ficou como sendo um plano de contingência. Caso ocorresse o travamento do rolamento de giro e fosse necessário realizar a troca de forma emergencial. Os pontos fortes da execução com esta metodologia seriam que o procedimento era dominado e tempo definido para troca e menor custo com fabricação e aquisição de componentes. De forma oposta os pontos negativos na execução com tal metodologia eram a perda de produção em 2 máquinas de lingotamento contínuo e perda de receita gerada na companhia.

Outra possível forma de realizar a troca do rolamento de giro seria fazer a desmontagem peça por peça da torre giratória. Nesta metodologia também seria utilizado de forma intensiva guindastes para a retirada das peças desmontadas. Tal metodologia foi utilizada por outra empresa do grupo ArcelorMittal, a Dofasco no Canadá. A figura 8 mostra a desmontagem e retirada de um dos braços e da base de apoio dos braços que fica acima do rolamento da torre giratória da máquina de lingotamento da Dofasco. Os pontos fortes da execução com esta seriam a maior segurança, pois não há necessidade da estrutura da torre ficar suspensa e a possibilidade de inspecionar sub-componentes desmontados. Os pontos negativos na execução com tal metodologia eram o tempo maior para execução e um procedimento novo e sem parâmetros de tempo de execução;

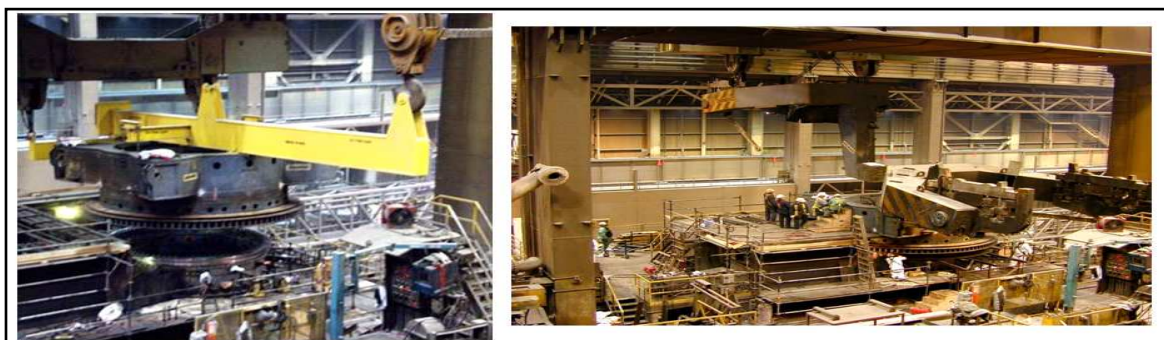


Figura 8 – Metodologia de troca de rolamento desmontando os sub-componentes da torre giratória.

Foi também avaliada a possibilidade de se realizar a troca do rolamento de giro fazendo o içamento da estrutura superior da torre através de cilindros hidráulicos. Com esta metodologia, não haveria necessidade de uso intensivo de guindaste nem a necessidade de se “travar” alguma ponte rolante de carregamento de aço, possibilitando a operação sem grandes interferências das outras máquinas de lingotamento contínuo. Tal metodologia foi utilizada por outra empresa do grupo ArcelorMittal, a Dunkerque na França. A Figura 9 ilustra a metodologia de troca do rolamento de giro através do içamento com cilindros hidráulicos. Os pontos fortes da execução com esta metodologia é a realização da atividade sem perda de produção de outra máquina. Os pontos negativos na execução com tal metodologia seriam o custo com projetos e engenharia, fabricação e aquisição de componentes e a execução de um procedimento novo e sem parâmetros de tempo.



Figura 9 – Metodologia de troca de rolamento através de cilindros hidráulicos.

Foi também estudado a utilização de torres de elevação e içamento de grandes componentes. Esta metodologia foi utilizada na ArcelorMittal Tubarão em 2006 para realizar outro grande desafio, a transposição das pontes rolantes 41PR04 e 41PR02. Consistiu em realizar a montagem de grandes estruturas metálicas reforçadas semelhante a andaimes (Figura 10) e na parte superior montar uma base giratória que apoiou a ponte rolante. Após o correto posicionamento desta estrutura, foi feito o içamento da ponte rolante através de cilindros hidráulicos fixados nas estruturas metálicas. A próxima etapa consistiu em realizar o giro da ponte rolante e iniciar a sua descida até que fosse possível passar a outra ponte rolante sobre a que foi movimentada. A última etapa consistia em elevar novamente a estrutura e a ponte rolante, fazer novo giro e posicionar a ponte na viga de rolamento e desmontar toda as estruturas utilizadas na manobra. Os pontos fortes e fracos eram os mesmos considerados na possibilidade de içamento da torre com cilindros hidráulicos.



Figura 10 – Metodologia de transposição de ponte rolante - Giro da ponte rolante.

2.4- Definição da Metodologia de Substituição do Rolamento de Giro

Baseado nas informações e estudos levantados foi optado por realizar a substituição do rolamento de giro da MLC02 através de uma mistura de metodologias. A utilização de um sistema de elevação da parte superior da torre com cilindros hidráulicos com altíssima precisão de controle de posição, associada a estruturas mecânicas que suportariam o peso da torre. A Figura 11 ilustra de forma clara o procedimento que foi estudado pela equipe de engenharia e aprimorado juntamente com a equipe de área.

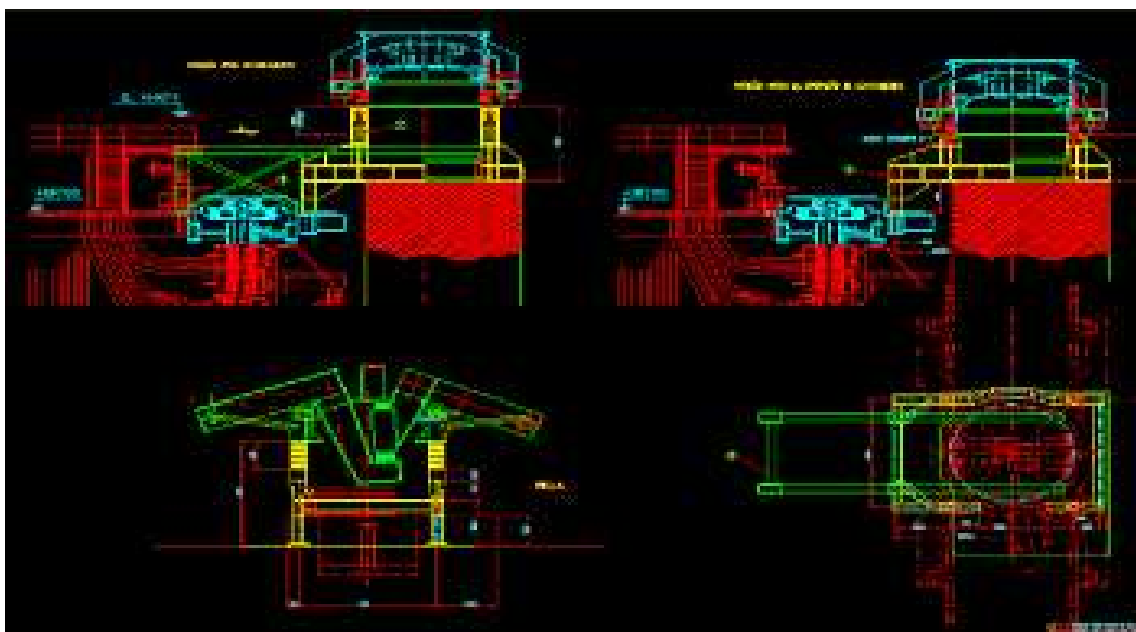


Figura 11 – Metodologia definida para a troca do rolamento de giro da MLC02.

Basicamente, a metodologia que foi implantada consistiu em fabricar uma grande estrutura que apoiaria os calços montados durante o içamento da parte superior da torre. Estes calços seriam empilhados um em cima do outro e para propiciar a elevação da estrutura da torre teríamos um moderno sistema hidráulico com controle e ajuste fino de posição, pois a carga a ser içada era da ordem de 250 toneladas. Para visualizar os calços e a forma que foram dispostos durante a grande manutenção é necessário observar a Figura 12. Foram também utilizadas ferramentas de análise de elemento finitos para diminuir o peso dos calços mantendo sua resistência mecânica.

A definição do sistema hidráulico foi outra difícil tarefa e foi necessário buscar nos principais fornecedores hidráulicos, um sistema que poderia atender com segurança a demanda exigida.

Tal sistema foi identificado e adquirido pela companhia e pode ser demonstrado através da Figura 13.⁽⁴⁾ Um sistema semelhante foi utilizado na França durante a construção da ponte de Millau (a mais alta do mundo). O grande diferencial deste sistema hidráulico é que cada cilindro possui um sistema de medição de elevação e compara cada ponto com os demais. Quando ocorre algum desvio de posição superior a 1mm, os cilindros que estão defasados param de se movimentar e o cilindro que está fora da posição consegue se movimentar entrando novamente dentro da tolerância e fazendo com que todo o sistema voltasse a se movimentar.

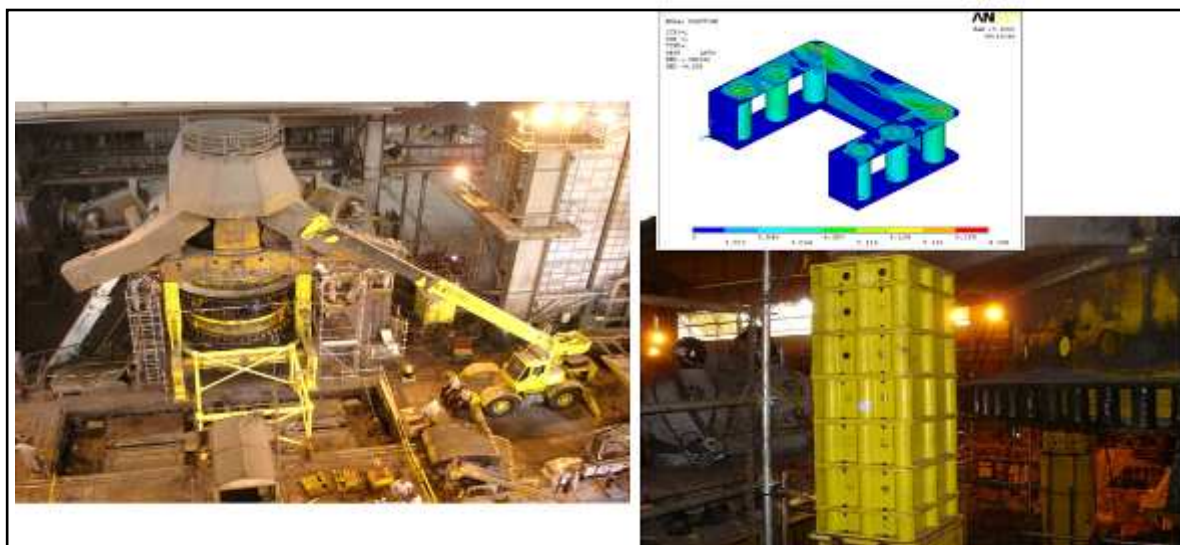


Figura 12 – Calços utilizados para o içamento da estrutura da torre.



Figura 13 – Sistema hidráulico utilizado.

Após atingir a altura necessária, foi feita a substituição do rolamento, saindo o velho e entrando o rolamento novo, conforme pode ser visualizado na Figura 14.

Atividades complementares já planejadas foram executadas para finalizar a troca do rolamento de giro da MLC02. Como a medição de desgaste das bases de apoio superior e inferior do rolamento de giro, sendo constatado a necessidade de realizar usinagem na base inferior para manter a planicidade de acordo com a especificação do fornecedor do rolamento de giro. Este item está ilustrado na Figura 15.

Após a usinagem foi feita a montagem do novo rolamento de giro e iniciado os procedimentos de fixação das bases fixa e móvel do componente. Nesta etapa, são montados 88 tirantes em cada base do rolamento de giro, sendo primeiramente realizado a fixação da parte fixa do rolamento na base inferior da torre giratória.



Figura 14 – Rolamento velho (esquerda) e novo (direita).



Figura 15 – Usinagem da base de apoio inferior do rolamento de giro.

Para fixar adequadamente os tirantes foi utilizada a metodologia de pretensão hidráulica que consiste em aplicar uma tensão no tirante com um dispositivo hidráulico específico e promover o seu estiramento, após isto é apoiado a porca sem realizar torque nesta. Com isso, após a retirada da tensão hidráulica do tirante, este fica tencionado com o valor correto. Para tanto, é necessário fazer o tensionamento de forma cruzada visando não haver nenhum afrouxamento de tirante. A Figura 16 demonstra o dispositivo e a forma de aplicar a tensão nos tirantes.



Figura 16 – Dispositivo de pretensão hidráulica e execução da atividade.

A última etapa é a descida da estrutura superior da torre giratória até apoiar sobre o rolamento, realizar a fixação dos 88 tirantes da parte giratória do rolamento na parte superior da torre e recompor os componentes que foram desmontados. Foram realizados testes comprovando que a execução havia alcançado o sucesso.

5 CONCLUSÃO

Após todo o trabalho de avaliação das possibilidades de troca do rolamento de giro da MLC02, concluímos que a forma que foi escolhida e implantada causou menor impacto na produção da empresa e foi realizada com ganho de tempo se avaliado o cronograma proposto. Desta forma, a engenharia do projeto influenciou de forma positiva na execução das atividades. O planejamento inicial previa a execução com a nova metodologia em 240 horas, e com um acompanhamento efetivo e ganhos devido a atividade ter sido inédita alcançou-se o tempo total de execução de 210 horas. Através da Figura 17, pode se ver a torre em funcionamento normal após a substituição do rolamento de giro.



Figura 17 – Funcionamento da torre após a manutenção realizada.

Outro ponto que é importante ressaltar foi não ter ocorrido nenhum evento significativo de segurança durante as atividades da troca do rolamento. Houve o envolvimento de muitas pessoas de diferentes setores e empresas com o mesmo intuito e podemos dizer que o sucesso foi alcançado.

O procedimento utilizado está descrito através de relatórios e provavelmente será utilizado futuramente na 2ª substituição do rolamento de giro da torre da MLC01 (que é idêntica a torre da MLC02) e com pequenas modificações poderá ser adaptado para ser utilizado na troca do rolamento de giro da MLC03. Tudo isto minimizará perda de produção e reduzirá os custos de engenharia e fabricação de componentes e aquisição de acessórios.

Agradecimentos

Quando se envolve tantas pessoas na execução de um trabalho como este e os resultados esperados são alcançados, é necessário expor agradecimento a aqueles que se destacaram como:

- Paulo Prata – Gerente de manutenção de área da ArcelorMittal Tubarão;
- Antônio Miguel – Técnico de manutenção e contratação da manutenção mecânica do lingotamento contínuo;
- Alfredo Ragonezi Filho – Projetista contratado da empresa DNA;

- Equipe de planejamento e programação da manutenção mecânica do lingotamento contínuo;
- Todos os colaboradores da Imetame que participaram das atividades;
- Todos os colaboradores da Robrasa que participaram das atividades;
- Setor de compras da AMT;
- Gerência da AMT;
- Equipe de especialistas da inspeção mecânica de lingotamento contínuo e da engenharia IUM da AMT;

REFERÊNCIAS

- 1 MACHADO, M. L. P.; SOBRINHO, V. P. F. M.; ARRIVABENE, L. F. - **Manual de Siderurgia para não Siderurgistas**. Vitória: 2003.
- 2 MANNESMANN DEMAG - Operation and Maintenance Manual – Chapter 5.2 – Ladle Turret – Specification Item #1. Vitória: 1994.
- 3 ROTHE ERDE - **Manual técnico slewing bearings**. Disponível em <http://www.rotheerde.com/GB/info_material.asp> Acesso em 01 Dez. 2009, 14:00.
- 4 ENERPAC HYDRAULIC TECHNOLOGY WORLDWIDE - **Catálogo técnico SLS-Series, Synchronous Systems**. Disponível em: <http://www.enerpac.com/files/catalogues/SLS_325e_GB.pdf> Acesso em 01 Dez. 2009, 16:00 e disponível em: <<http://www.enerpac.com/en/integrated-solutions/synchronous-lifting-and-weighing/sls-series-synchronous-lift-systems-0?tid=290>> Acesso em 01 Dez. 2009, 15:30.