

CONTRIBUIÇÃO DA ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE NA REDUÇÃO DA TAXA DE FALHA DA MÁQUINA DE LINGOTAMENTO DA ARCELORMITTAL TUBARÃO *

Severino Albani Junior¹
Victor Faitanin Silva²
Iuri Pinheiro de Sant'Anna³

Resumo

A Gestão de Ativos vem ganhando espaço no contexto industrial ano após ano principalmente após 2014, quando ocorreu o lançamento da ABNT NBR ISO 55000. Dentro desse contexto, o tema Manutenção e principalmente a Confiabilidade foram explorados pela ArcelorMittal Flat Carbon South America com o lançamento em 2013 do Plano Diretor de Manutenção e Gestão de Ativos. Este trabalho visa mostrar as etapas seguidas na aplicação de técnicas de Engenharia de Confiabilidade, os atores necessários para a realização do trabalho e os resultados positivos alcançados. Dentre os resultados está a definição da estratégia da manutenção focando a manutenção baseada em condição, possibilitando a otimização dos recursos envolvidos e influenciando positivamente na redução da taxa de falhas da Máquina de Lingotamento Contínuo 01 da ArcelorMittal Tubarão. Estes resultados também levam a expressivos ganhos financeiros, além de melhora da previsibilidade operacional.

Palavras-chave: Gestão de Ativos; Confiabilidade; Manutenção Centrada em Confiabilidade.

RELIABILITY ENGINEERING CONTRIBUTION TO REDUCE FAILURE RATE IN THE CONTINUOUS CASTING OF ARCELORMITTAL TUBARÃO

Abstract

The asset management has been gaining space in industrial context year after year, mainly after 2014, when ABNT NBR ISO 55000 was issued. Within this context, Maintenance and mainly Reliability were explored by ArcelorMittal Flat Carbon South America with the launch occurred in 2013 of Master Plan for Maintenance and Asset Management. This document aims to show the steps followed in the application of Reliability Engineering techniques, the actors required to perform the work, the positive results achieved, among them the definition of the maintenance strategy focusing on condition based maintenance, allowing the optimization of the resources involved and positively influencing the reduction of the failure rate of the Continuous Casting Machine 01 of ArcelorMittal Tubarão. The results allowed significant financial gains, as well as improved operational predictability.

Keywords: Asset Management; Reliability; Reliability Centered Maintenance.

¹ Eng^o Mecânico, Especialista em Eng^a de Manutenção e MBA em Gestão de Projetos. Especialista em Manutenção e Gestão de Ativos na Gerência de Tecnologia e Confiabilidade de Manutenção, ArcelorMittal Tubarão, Vitória/ES.

² Técnico em Mecânica, Aprimoramento em Inspeção, Predição e Confiabilidade. Técnico de Manutenção e Confiabilidade na Gerência de Tecnologia e Confiabilidade de Manutenção, ArcelorMittal Tubarão, Vitória/ES.



- ³ *Engº Mecânico, Pós graduado em Engº de Segurança do Trabalho e MBA em Gestão Empresarial. Especialista de Confiabilidade de Equipamentos na Gerência de Manutenção de Placas, ArcelorMittal Tubarão, Vitória/ES..*

1 INTRODUÇÃO

Os desafios impostos pelo mercado de diferentes segmentos vêm exigindo das empresas diferenciada capacidade de gestão para que possam se antecipar aos problemas, aumentando a previsibilidade nas tomadas de decisão, reduzindo o risco do negócio e potencializando o retorno financeiro dos investidores.

A Engenharia de Confiabilidade viabiliza a aplicação de diferentes metodologias permitindo que as decisões sejam tomadas dentro de um cenário de viabilidade financeira, temporal, desempenho dos processos e riscos aceitáveis. Esses requisitos são alguns dos benefícios alcançados com a implantação da Gestão de Ativos de acordo com a ABNT NBR ISO55000.

Dentre as diferentes metodologias, a análise de Confiabilidade se destaca, proporcionando a identificação dos fatores que mais afetam a disponibilidade dos sistemas e permite definir ações de controle para maximizá-la.

A Siderurgia mundial é um dos mercados desafiados pelas oscilações ocorridas recentemente, principalmente após a crise de 2008, como pode ser observado no Gráfico 01 em que a taxa de crescimento foi reduzida.

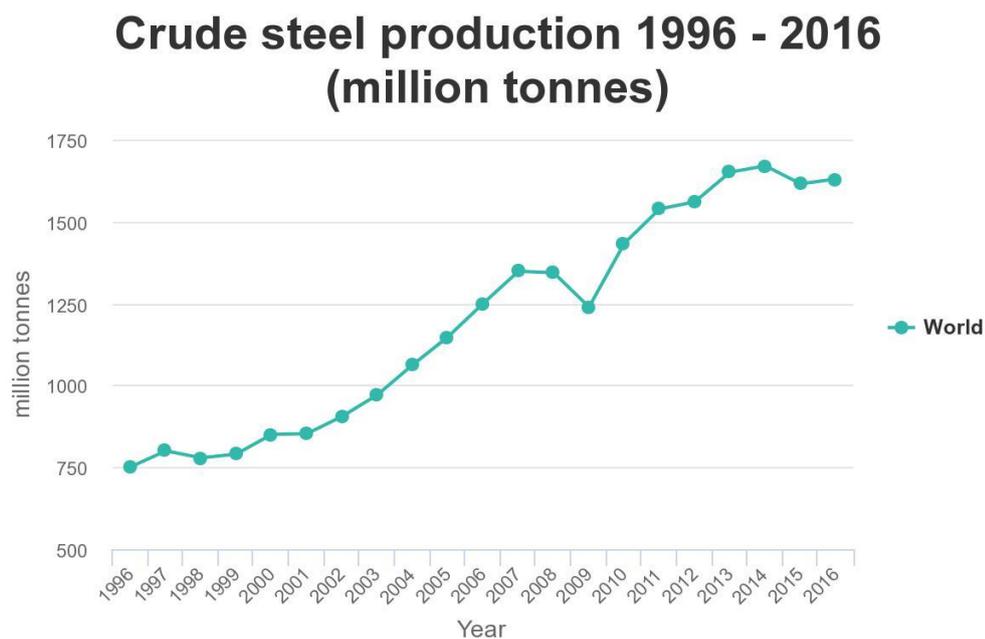


Gráfico 01: Histórico de produção de aço no mundo

Fonte: www.worldsteel.org

A recuperação da produção mundial ocorrida após 2008 foi influenciada principalmente pela produção da China, que mesmo em um cenário de crise, apresentava taxas de crescimento que propiciaram o crescimento da produção de aço. Em um cenário bem diferente e desafiador a América do Sul teve sua produção influenciada negativamente com a crise (gráfico 02), levando várias plantas a fecharem Altos Fornos, não retomando suas operações até o primeiro trimestre de 2017.

Crude steel production 1996 - 2016 (million tonnes)

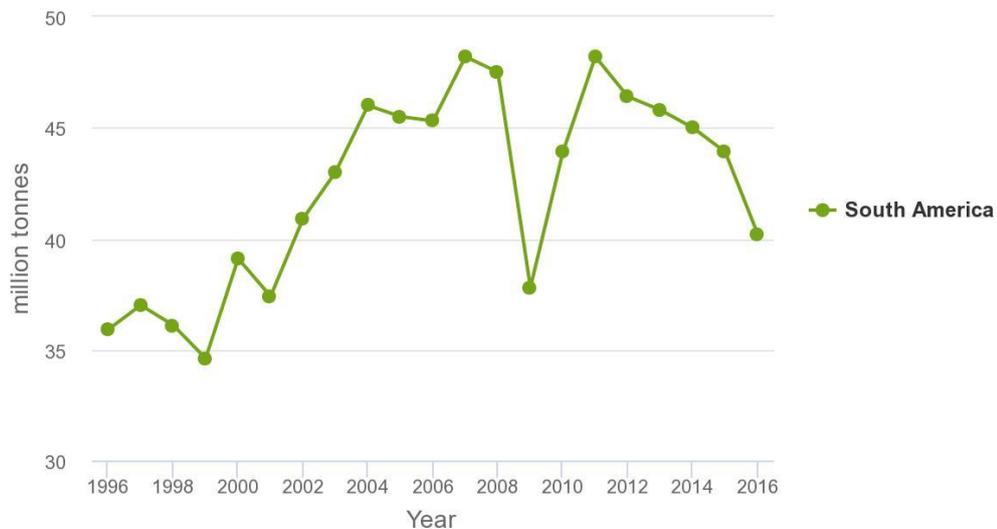


Gráfico 02: Histórico de produção de aço na América do Sul

Fonte: www.worldsteel.org

Além da produção, os preços do aço no mundo também foram impactados. Estes, no entanto, não apresentaram o mesmo nível de recuperação observado na produção. Esse cenário motivou as grandes corporações do setor a buscarem inovações para se posicionarem nesse mercado desafiador e competitivo através da diversificação dos portfólios de produtos e otimização dos gastos produtivos.

Dentre os grandes *players* da Siderurgia mundial, destaca-se a ArcelorMittal que é a maior produtora de aço no mundo. Ela está presente em mais de 60 países, com unidades produtoras de aços e de distribuição que permitem capilarizar a distribuição de seus produtos. No Brasil uma de suas unidades é a ArcelorMittal Tubarão que está localizada em Serra, ES que possui uma capacidade instalada de 7,5 milhões de toneladas por ano.

O cenário está desafiador pois implica que as empresas sejam capazes de transformar o seu estilo de gestão e seus métodos de trabalho, sob risco de não alcançarem a eficiência e competitividade para se manterem fortes e participativas no mercado. ^[1]

Nessa ótica, a ArcelorMittal Tubarão desenvolve trabalhos para o alcance de ativos confiáveis. Existem diferentes caminhos, mas invariavelmente, será necessário melhorar a capacitação das pessoas e modernização dos ativos, a gestão de cada processo da organização e a Gestão de Ativos. ^[2]

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Em 2013 foi elaborado o Plano Diretor de Manutenção e Gestão de Ativos, visando conectar os objetivos estratégicos organizacionais com o dia a dia da Manutenção e Gestão de Ativos ^[3]. Esse documento estabelece os objetivos estratégicos, táticos e operacionais que permitirão a empresa realizar à Gestão de Ativos alinhada aos

conceitos da norma ABNT NBR ISO 55001 no médio prazo. A figura 01 apresenta o modelo de manutenção global do grupo ArcelorMittal apresentado no Plano Diretor [4].

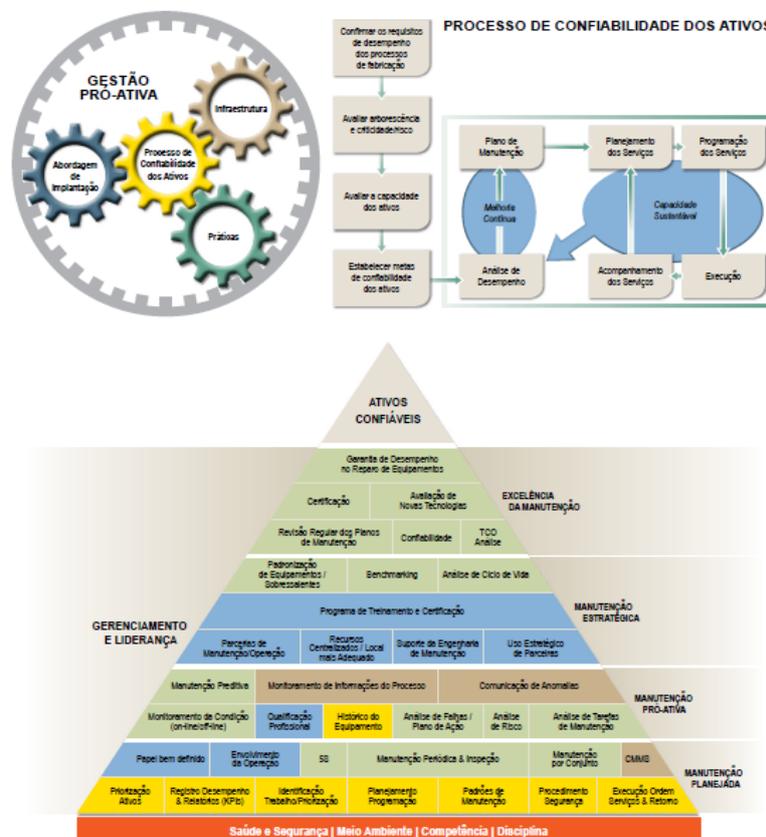


Figura 01: Modelo de Manutenção Global da ArcelorMittal

Esse documento utiliza diferentes ferramentas e conceitos da Engenharia da Confiabilidade qualitativa e quantitativa que devem ser usadas para o alcance dos objetivos do negócio.

2.1 Desenvolvimento

Este trabalho visa apresentar a aplicação dessas ferramentas na unidade de produção do Lingotamento Contínuo 01, bem como os resultados alcançados. Uma das diversas ferramentas da confiabilidade qualitativa aplicada é a Manutenção Centrada em Confiabilidade que permite definir qual a estratégia de manutenção adequada para os diferentes modos de falha que influenciam na função do sistema^[5].

2.2 O equipamento

A ArcelorMittal Tubarão possui um sistema de produção integrado, com recebimento das matérias primas básicas como carvão e minério, gerando placas e bobinas como produto acabado para diferentes mercados. A figura 02 apresenta esse fluxo, com destaque para a etapa de lingotamento contínuo.

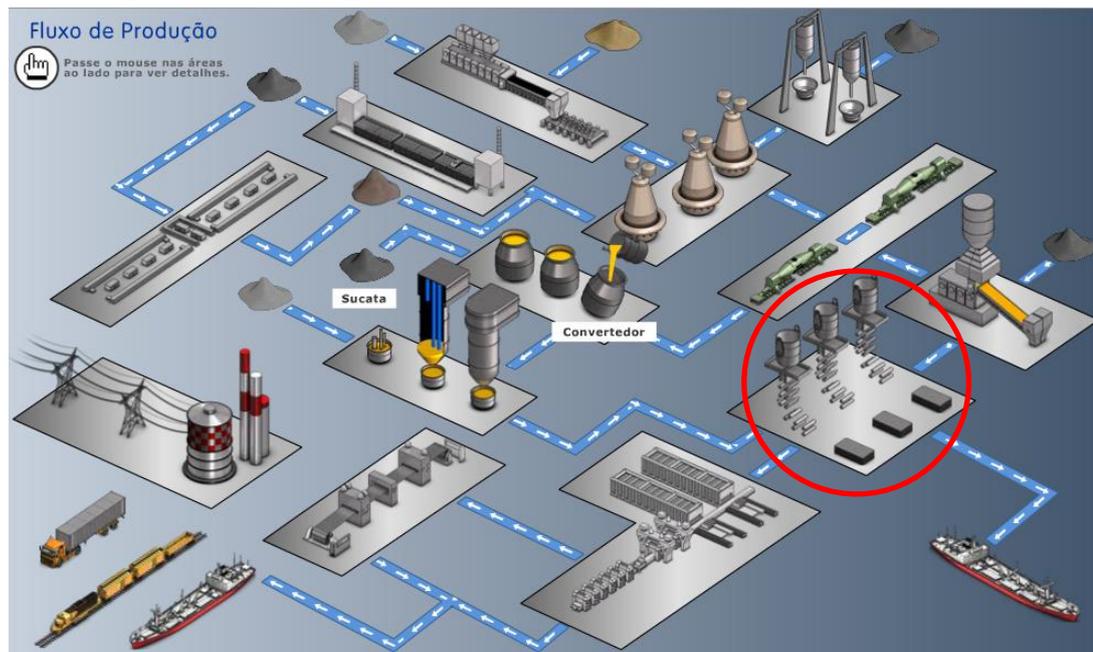


Figura 02: Processo integrado para produção de Placa e Bobina
Fonte: AcelorMittal Tubarao

O Lingotamento Contínuo é a etapa do processo produtivo em que o aço líquido é moldado e lingotado para a geração das placas de aço. Partes dessas placas são vendidas diretamente para o mercado e parte segue no processo para produção de bobinas que são vendidas nos mercados nacionais e internacionais.

A primeira Máquina de Lingotamento Contínuo (MLC) da ArcelorMittal Tubarão (AMT) começou a operar em 12 de abril de 1995. Essa unidade renovou o processo de laminação de placas da AMT permitindo produzir com mais qualidade, quantidade e segurança as placas de aço.

A MLC possui dois veios produtivos, como pode ser observado na figura 03, permitindo produzir continuamente duas placas de aço em paralelo durante todo o processo de lingotamento.

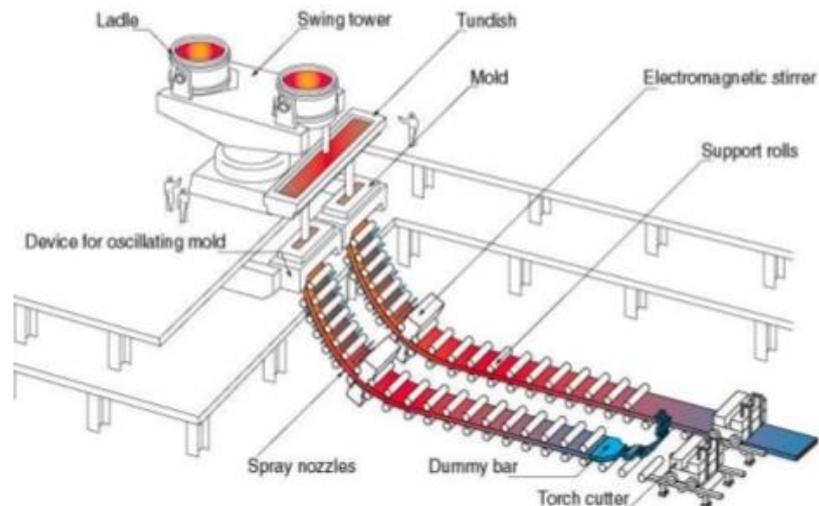


Figura 03: Processo de Lingotamento Contínuo

Fonte: <http://respiravitoria.blogspot.com.br/2013/03/>

A capacidade nominal de produção dessa máquina é 2.400.000 toneladas de placas de aço por ano. Esse volume é produzido dentro da ampla gama de tipos de aços, respeitando os limites dimensionais da máquina.

A MLC é composta por diferentes subunidades, que possuem características específicas dentro do arranjo produtivo permitem atingir o volume de produção especificado.

2.3 Metodologia para revisão dos planos de manutenção

O processo de revisão de planos segue as premissas estabelecidas no plano diretor que percorre diversas etapas, buscando um novo “*Mind Set*” para fazer essa atividade. Algumas dessas etapas estão detalhadas na figura 04, que mostra o processo sendo iniciada pela construção de um Diagrama de Blocos Funcional, Revisão de Cadastro e Criticidade até a etapa de nivelamento dos recursos, entrega e alinhamento dos planos revisados para as áreas de manutenção.

Todo processo é realizado com representantes de duas áreas: a primeira é formada pelos responsáveis pela manutenção dos equipamentos e a outra é a unidade técnica. As áreas de manutenção trazem o profundo conhecimento sobre o funcionamento e histórico de falhas dos equipamentos. A unidade técnica compartilha os conceitos de Engenharia de Confiabilidade. Juntos as revisões são feitas de maneira mais consistente e sustentável, trazendo mais confiabilidade para os equipamentos.



Figura 04: Processo de revisão de planos

A etapa de elaboração do Diagrama de Blocos Funcional (DBF) permite correlacionar os equipamentos e suas respectivas funções dentro do processo. Também permite definir as fronteiras de cada sistema, bem como evitar o esquecimento de qualquer sistema durante o estudo. A figura 05 mostra esquematicamente o DBF da Máquina de Lingotamento Contínuo.

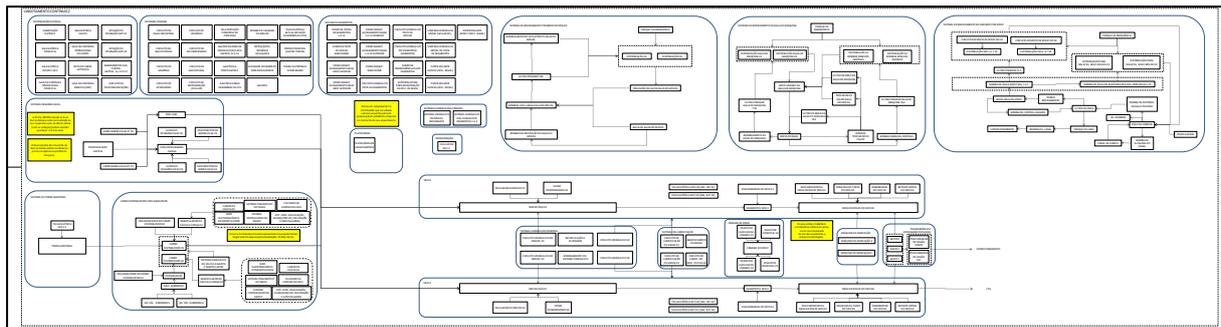


Figura 05: Exemplo de um DBF

Na etapa de revisão de cadastro é feito a identificação de inconsistências tais como, cadastro de equipamentos e componentes duplicados, cadastros incompletos, componentes fora de operação e cadastrados no sistema, além de componentes instalados em campo e não cadastrados no sistema. Tudo isso permite estruturar os equipamentos de uma forma que permita rastreabilidade e consistência na informação dos equipamentos, fatores de sucesso para a confiabilidade da planta.

O objetivo da revisão do bloqueio de segurança é garantir que todas as fontes de energia sejam devidamente identificadas para que o adequado controle seja estabelecido. São considerados cenários com intervenções rotineiras e também de parada, visando fundamentalmente que a segurança seja garantida independente da condição de manutenção para todos os executantes.

A definição da criticidade é o direcionador para a revisão de planos, que segrega diversas metodologias de acordo com a criticidade do equipamento. Permite assim que ferramentas mais robustas sejam aplicadas para os equipamentos mais críticos. Dentro da Engenharia de Confiabilidade, vale destacar a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), também conhecida como RCM do inglês Reliability Centered Maintenance.

Essa foi a ferramenta empregada para revisão dos planos de manutenção dos equipamentos críticos. Resumidamente o processo de MCC visa responder as sete perguntas que estão listadas a seguir^[5]:

- ✓ Quais as funções e padrões de desempenho de um ativo no seu atual contexto operacional?
- ✓ De que forma ele falha em cumprir suas funções?
- ✓ O que causa cada falha funcional?
- ✓ O que acontece quando ocorre cada falha?
- ✓ De que forma cada falha funcional importa?
- ✓ O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?
- ✓ O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?

Ao responder todas essas perguntas será possível identificar a estratégia de manutenção mais adequada para controle dos modos de falhas. Uma etapa de fundamental importância é compreender o que significa o termo Modo de Falha e em qual nível será tratado.

De acordo com John Moubray, o termo Modo de falha significa qualquer evento que causa uma falha funcional. Aparentemente simples e direto, mas ocorrem confusões

de entendimento durante o desenvolvimento dos estudos que podem influenciar a definição adequada das estratégias de manutenção. Dana Netherton explora as diferentes possíveis interpretações desse termo em seu artigo “Failure Mode: Issues Surroundings its definition” [6]. Nesse artigo ele aborda o entendimento desse termo pelas diferentes comunidades de MCC, Manutenção Baseada em Condição e FMECA (Failure Mode and Effect Criticality Analysis).

Essa etapa de revisão de planos é a que demanda de maior energia para elaboração e permite obter as mais importantes informações no processo de análise. A seguir estão listadas algumas das informações obtidas nesse processo:

- ✓ Estratégia de manutenção adequada;
- ✓ Recursos e frequência de manutenção;
- ✓ Necessidade de elaboração ou revisão de padrões de manutenção;
- ✓ Necessidade de orientações e treinamentos para todas as equipes envolvidas com os ativos, incluindo a operação;
- ✓ Lista de sobressalentes críticos;

A etapa seguinte consiste no direcionamento de todas essas informações para os setores responsáveis pelas tratativas. No que tange as estratégias de manutenção, todas são convertidas em planos de manutenção e incluídas no Sistema de Manutenção (CMMS - *Computerized Maintenance Management System*). São inclusos os planos preditivos instrumentados e não instrumentados, planos preventivos e planos de testes. Esses testes são aplicados para todos os componentes que estão sujeitos à falha oculta.

Para finalizar é realizado o nivelamento de recursos, respeitando os calendários de paradas das unidades produtivas, bem como as atividades de rotina. Também é realizado o nivelamento, buscando o entendimento pelos mantenedores (inspetores, executantes de manutenção e equipes de turno) de todas as alterações ocorridas nas suas carteiras de trabalho. Nessa etapa é realizado o desligamento do cadastro do equipamento na antiga árvore do CMMS e disponibilizado o novo cadastro do equipamento.

Todas essas alterações são realizadas dentro do CMMS. Isso permite que o antigo modelo de manutenção seja excluído e garante acesso apenas às novas estratégias de manutenção, proporcionando a melhora da confiabilidade dos ativos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos dessa revisão foram estratificados em duas partes. A primeira corresponde aos indicadores de processo relacionados a resultado das revisões de planos. A segunda parte apresenta os indicadores do resultado de desempenho, relacionados aos índices de falha.

O gráfico 03 mostra os percentuais de redução anualizados, obtidos em cada estratégia de manutenção. É destacável o elevado percentual de redução das manutenções preventivas (tarefa de restauração e de recuperação) que foi influenciado pela revisão de criticidade, adotando a estratégia *run to failure* (manutenção corretiva) para os equipamentos de menor criticidade. A redução da

frequência de alguns serviços de parada e rotina também influenciou nesse resultado.

Algumas manutenções preditivas (instrumentada e não instrumentada) possuem ferramental e software específicos para coleta, análise e interpretação dos resultados. Porém, foi observado durante os estudos que existiam no CMMS solicitações duplicadas com as desses softwares. Isso influenciou a elevada redução nos percentuais de manutenção preditiva. Também foram identificadas inúmeras oportunidades de dilatação nos períodos de preditiva através do estudo detalhado dos modos de falhas, atrelado aos intervalos de tempo entre falhas potenciais e falhas funcionais. Todas essas revisões permitiram uma redução de aproximadamente 18.000 Homens horas (Hh) de serviços de manutenção planejados.

Evolução dos planos (%)

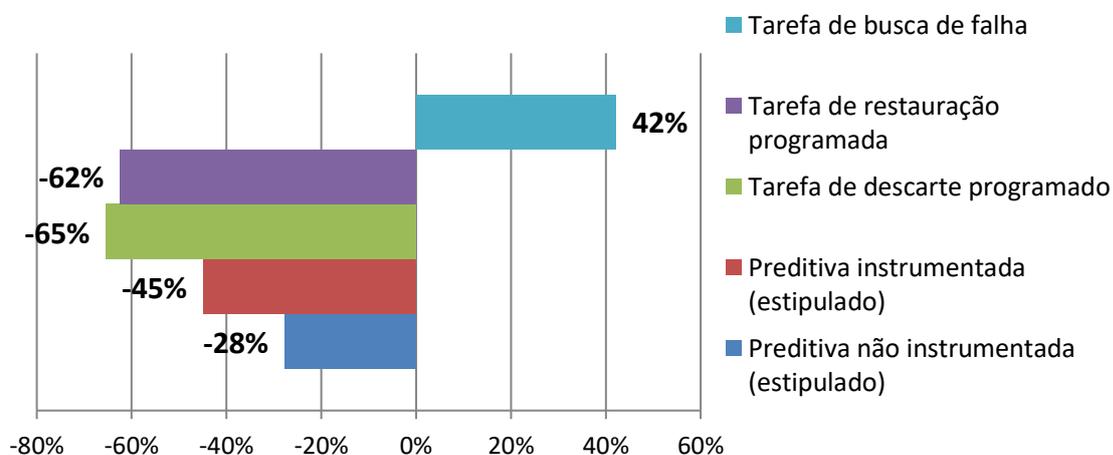


Gráfico 03: Taxa de redução dos planos de manutenção

Corroborando para os resultados de processo, o gráfico 04 mostra uma mudança da origem dos serviços realizados na Máquina de Lingotamento Contínuo 1 (MLC1). Em 2014, quando o processo de revisão de planos foi iniciado, praticamente nenhum dos serviços eram provenientes de planos de inspeção (0,1%), enquanto o maior percentual era proveniente de solicitações pontuais.

Já em 2016, após a finalização da revisão, foi possível observar um aumento em 24,3 vezes o número de Hh para serviços provenientes de planos de inspeção. No total representa apenas 3%, mas esse número carrega uma importante mudança no comportamento e na maneira de fazer manutenção, pois representa a transição da manutenção preventiva para a Manutenção Baseada em Condição.

Também houve uma redução de 14,73% de Hh de serviços proveniente de OS (ordem de serviço) individuais e uma redução de 6,73% de Hh de serviços proveniente de OS de planos, proporcionando uma redução geral de aproximadamente 5.000 Hh de serviços de manutenção executados na MLC1 por ano.

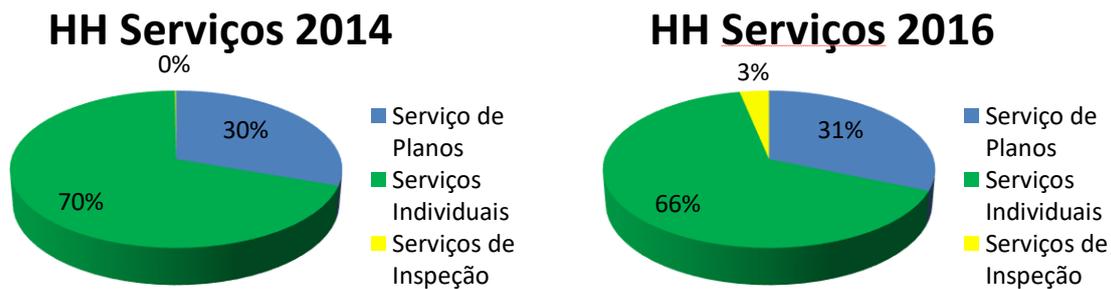


Gráfico 04: Origem dos serviços de manutenção em 2014 x 2016

O resultado de desempenho está apresentado no gráfico 05, que mostra a expressiva redução da Taxa de Falha de Manutenção (TFM). Essa taxa representa o percentual de falhas sob responsabilidade da manutenção em relação ao total de horas disponíveis. Essa redução de 56% da TFM representa o aumento na confiabilidade e, conseqüentemente, na disponibilidade do equipamento. Esse resultado tem influência direta das ações de engenharia de confiabilidade implementadas até então. Outras ações desenvolvidas diretamente pela equipe de manutenção da área também potencializam esse resultado que juntos melhoram a confiabilidade do equipamento, permitindo chegar a patamares de TFM *benchmark* dentro e fora do grupo ArcelorMittal.

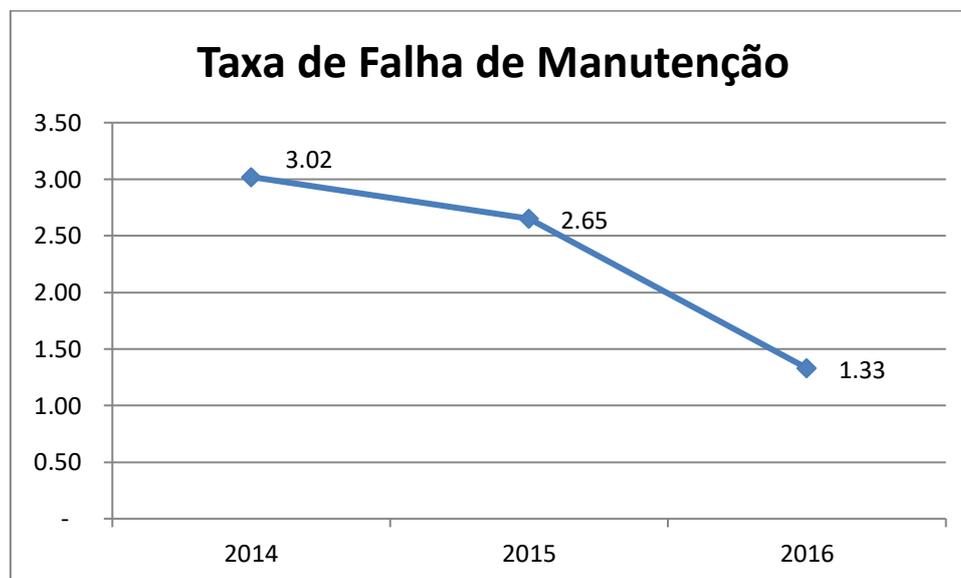


Gráfico 05: Taxa de falha de manutenção

4 CONCLUSÃO

Desde o início da jornada de revisão de planos iniciada em 2014 foram obtidos ganhos tangíveis e intangíveis. A redução no tempo de reparo e aumento na periodicidade de manutenções expõe menos os executantes aos riscos das atividades além de influenciar na disponibilidade dos ativos. A transição da manutenção preventiva para a manutenção baseada em condição é um caminho contínuo e vem se fortalecendo a cada ano.

O aumento do conhecimento dos inspetores, mecânicos, eletricitistas, e de toda comunidade atuante no equipamento favorece um ambiente necessário para o aumento da confiabilidade e previsibilidade nos processos produtivos.

Essas ações permitem preparar o terreno para as ações futuras de estudos de confiabilidade quantitativa com um time que converge para o processo de maturidade, necessário para o alcance dos resultados planejados dentro de uma visão sustentável de sucesso, além de permear nas diferentes áreas estruturantes da Gestão de Ativos.

REFERÊNCIAS

- 1 Filho, Benjamin Baptista, Boletim Informativo da ArcelorMittal Tubarão, nº1805, Serra, ES, Maio de 2017.
- 2 Albani, Severino, “Revisão dos planos de manutenção para aumento da confiabilidade do basculamento do convertedor 03 da ArcelorMittal Tubarão”. 36º Congresso Brasileiro de Manutenção e Gestão de Ativos. Curitiba, PR. 2016.
- 3 Sodré, Ricardo, “Como estruturar a empresa antes de pensar na Implantação de um Sistema de Gestão de Ativos conforme ABNT ISO 55001”. 69º Congresso Anual da ABM. São Paulo, SP. 2014.
- 4 Plano Diretor de Manutenção e Gestão de Ativos. Gerencia de Tecnologia de Manutenção. 2013:2.
- 5 Moubray, John, “Manutenção Centrada em Confiabilidade”, 4ª Edição, Woburn, MA, Estados Unidos, 1997.
- 6 NETHERTON, Dana. Failure Mode: Issues Surrounding Its Definition.