

RESTRUTURAÇÃO DO SETOR DE MANUTENÇÃO DE PONTES ROLANTES DA ACIARIA E LINGOTAMENTO CONTÍNUO DE UMA SIDERÚRGICA COM O FOCO CENTRADO EM CONFIABILIDADE

Rômulo Martin Lang¹, Daniel Moschen Coelho¹, Rafael de Paula Cosmo²

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica

² Doutorando em Eng. Mecânica – Professor Multivix - Vitória

RESUMO

É fato que o avanço tecnológico vem sendo acelerado proporcionalmente com o passar do tempo, e isso traz a necessidade das indústrias de se destacarem no mercado para obter sucesso. Para tal, não há mais espaço para grandes paradas de manutenção, uma vez que a indústria perdia muito tempo de produção para esse fim. Portanto, no seguinte artigo será apresentado um estudo de caso do setor de manutenção de pontes rolantes da aciaria e lingotamento de uma siderúrgica, a reestruturação no setor de manutenção feita com foco na manutenção centrada em confiabilidade, onde se faz necessário atuar de acordo com a criticidade de cada equipamento, determinando planos de manutenção com inspeções frequentes e a presente diminuição das manutenções corretivas, aumentando assim o indicador tempo médio entre falhas das máquinas/equipamentos do setor, a união da gerência de manutenção com a gerência de produção é de suma importância para realizar a troca de informações em tempo real, também é importante a aquisição de materiais e sobressalentes de acordo com a criticidade. Portanto, após as medidas tomadas, a veracidade das informações apresentadas pelos indicadores é um espelho do desenvolvimento do setor.

Palavras-chave: manutenção centrada em confiabilidade, tempo médio entre falhas, indicadores-chave de desempenho.

ABSTRACT

It is a fact that technological advances have been accelerating proportionally over time, and this brings the need for industries to stand out in the market to be successful, for that, there is no more room for large maintenance stops once the industry lost a lot of production time for this purpose. Therefore, in the following article, a case study of the crane maintenance sector of a steel plant and casting plant will be presented, the restructuring in the maintenance sector made with a focus on reliability-centered maintenance, where it is necessary to act in accordance with the criticality of each equipment, determining maintenance plans with frequent inspections and the present decrease in corrective maintenance, thus increasing the average time between failures indicator of machines/equipment in the sector, the union of maintenance management with production management is of paramount importance. In order to exchange information in real time, it is also important to acquire materials and spare parts according to their criticality, therefore, after the measures taken, the veracity of the information presented by the indicators is a mirror of the sector's development.

Keywords: Reliability-centric maintenance, mean time between failures, key performance indicators.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico acelerado e o aumento de exigência e qualidade dos serviços fizeram com que as empresas entendessem a necessidade de aprimoramento ou implementação de novas técnicas de manutenção a fim de se tornarem mais eficientes, mantendo assim sua competitividade e perenizando a empresa. Tem-se esperado que a

confiabilidade operacional intrínseca dos equipamentos aumente significativamente na mesma proporção que essas mesmas máquinas demandam uma qualificação maior dos técnicos que irão manter e operar esses equipamentos. Faz-se necessário métodos, procedimentos com aplicação de ferramentas que abordem confiabilidade dos equipamentos de forma eficiente.

Considerando a manutenção como a atividade que mantém os ativos em condições de atender suas finalidades funcionais e atendendo aos quesitos de qualidade, custo e disponibilidade, é preciso aplicar técnicas modernas de análise e prevenção de falhas por meio de uma gestão de confiabilidade na manutenção bem estruturada.

Segundo (Moubray, 2000), mais e mais as falhas têm sérias consequências na segurança e no meio ambiente, ao mesmo tempo em que padrões nessas áreas estão aumentando rapidamente. Em algumas partes do mundo está se aproximando o ponto onde as organizações ou se conformam as expectativas de segurança e de conservação ambiental da sociedade ou elas cessam de funcionar. Isso acrescenta uma ordem de grandeza à nossa dependência quanto à integridade de nossos ativos físicos que vai além do custo e que se torna uma questão básica de sobrevivência organizacional.

Segundo Kardec e Nascif (2009), a manutenção tem como premissa a diminuição de falhas prematuras, o que aponta a importância da análise de falhas como metodologia indicada a melhorar o desempenho dos equipamentos de uma indústria. Ressaltam que a manutenção preditiva vem sendo mais utilizada que a manutenção preventiva justamente por estar diretamente ligada à redução de custos, pois a modalidade preventiva demanda paralização dos equipamentos e sistemas. A manutenção corretiva não-planejada resulta em elevação de indicadores e ineficácia da manutenção. Sendo assim, a articulação e interação entre as áreas dos setores de manutenção e operação possibilita um maior alcance de metas por garantir que os equipamentos e peças do setor produtivo estejam em condições plenas de uso.

Portanto, a relevância deste estudo será conhecer o quanto e como a confiabilidade, especificamente nesse setor e no caso específico do estudo de caso apresentado, pode contribuir para a diminuição do tempo de parada dos equipamentos e da produção. Este trabalho se limitará à apresentação das modificações da estrutura de manutenção da área de pontes rolantes da aciaria e lingotamento contínuo, a implantação da célula de confiabilidade de manutenção e os resultados obtidos após a sua implementação.

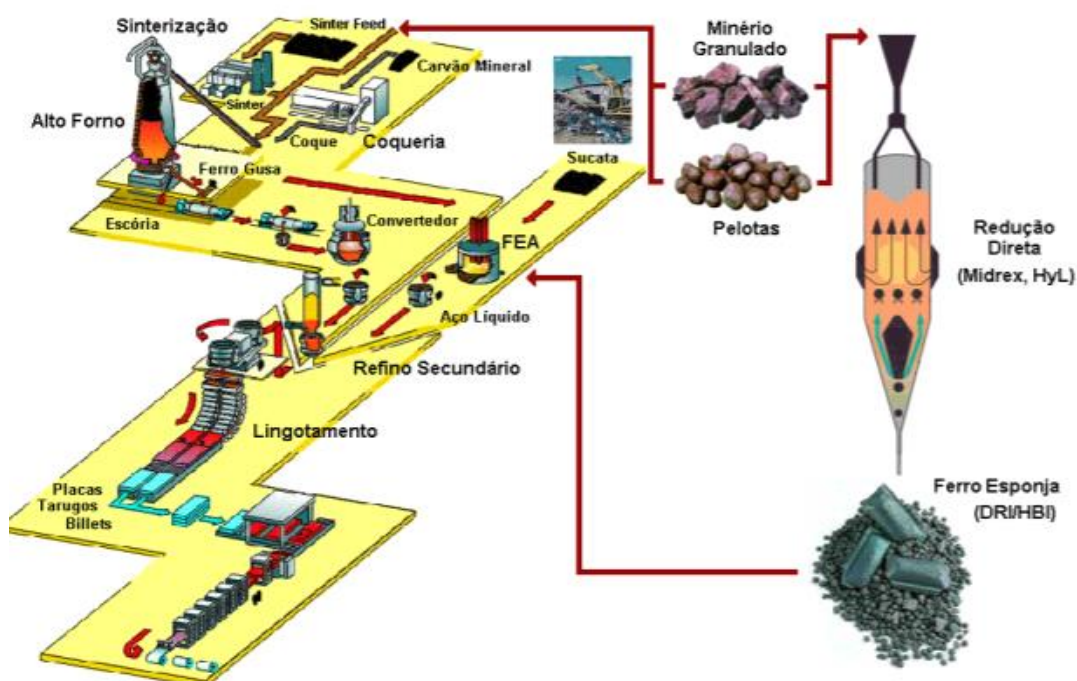
O presente trabalho irá demonstrar a reestruturação, distribuição de funções abordando conceitos de gestão da manutenção e confiabilidade desde a capacitação, métodos e ferramentas da qualidade que auxiliam na garantia de vantagem competitiva, na contextualização real do setor de manutenção de pontes rolantes da aciaria e lingotamento contínuo de uma empresa siderúrgica perante suas rotinas e práticas de gestão e o que o investimento em confiabilidade trará em redução do número de falhas e paradas indesejadas que impactam diretamente na produtividade de suas operações.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PRODUÇÃO DE AÇO

A Figura 1 demonstra o processo de uma siderúrgica integrada desde os pátios de matérias-primas até o produto final na laminação de placas, tarugos e lingotes.

Figura 1. Produção do aço



Fonte: Bertti, 2013

Ponte rolante é um equipamento utilizado para içar e movimentar produtos que possuem grandes volumes ou que sejam muito pesados (MORSE, 2020). A Figura 2 mostra o carregamento de um conversor LD com uso de uma ponte rolante de manuseio de painéis.

A aciaria é a planta onde ocorre o refino do aço por meio do uso de um equipamento chamado de conversor LD com a injeção de oxigênio no banho metálico, fazendo uma reação de oxi-redução no ferro-gusa.

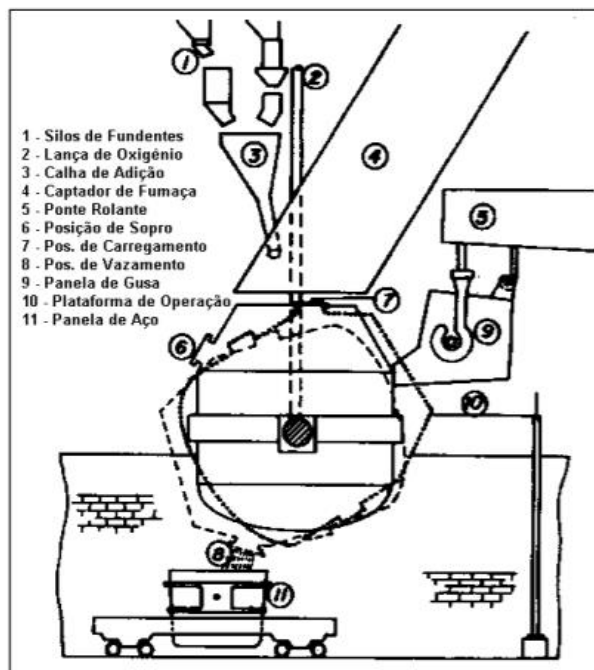
Esse processo industrial teve início em 1952, quando o oxigênio se tornou industrialmente barato. A partir daí o crescimento foi explosivo. Permite elaborar uma enorme gama de tipos de aços, desde o baixo carbono aos média-liga.

Figura 2. Carregamento de conversor LD com uma ponte rolante de panela



Fonte: Bertti, 2013

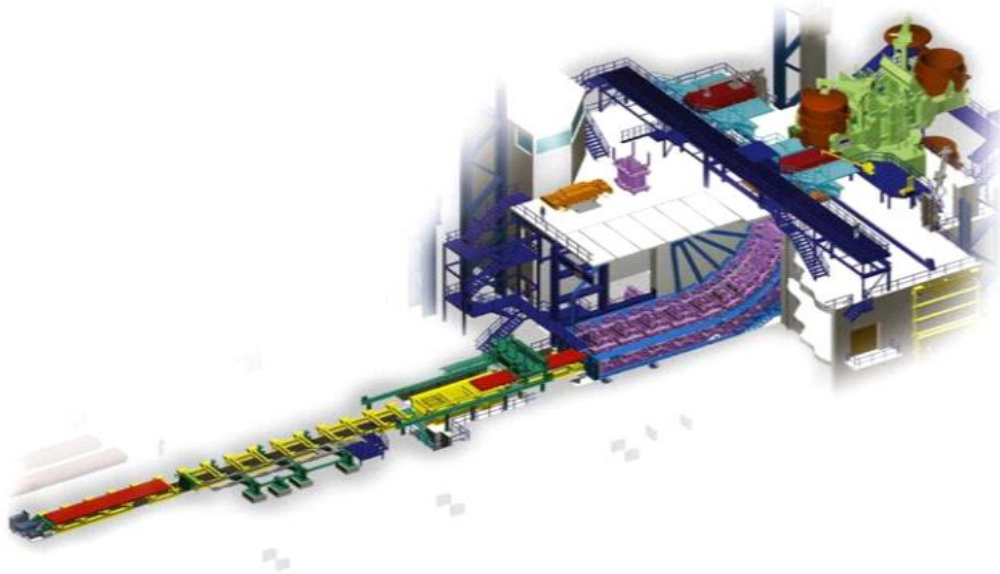
Figura 3. Conversor LD



Fonte: Bertti, 2013

O lingotamento contínuo (Figura 4) é um processo pelo qual o aço fundido é solidificado em um produto semiacabado, tarugo, perfis ou placas para subsequente laminação.

Figura 4. Lingotamento contínuo



Fonte: Bertti , 2013

2.2 MANUTENÇÃO

Manutenção pode ser definida como um conjunto de ações técnicas e administrativas com o objetivo de manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

2.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO

- **Manutenção corretiva**

A manutenção corretiva refere-se à realização das ações de reparo apenas após a falha do equipamento. Ela pode ser emergencial, quando realizada imediatamente após a falha, ou programada, quando se planeja a ação para um momento posterior a ela.

- **Manutenção preditiva**

Entende-se como manutenção preditiva o monitoramento de um ou mais parâmetros de um item com o objetivo de realizar as ações necessárias antes que a falha aconteça – também é conhecida como manutenção baseada na condição. É possível que alguns parâmetros sejam monitorados pelo próprio operador do equipamento por meio de sua experiência. Outros parâmetros devem ser monitorados pela equipe de manutenção em função de necessitarem de conhecimentos e/ou instrumentos específicos.

- **Manutenção prescritiva**

Segundo Jordan (2018), esse tipo de manutenção engloba muitas das mesmas técnicas usadas em manutenção preditiva, porém leva a um passo adiante: seu objetivo é, além de perceber uma falha em desenvolvimento, reconhecer qual é essa falha e já gerar um prognóstico de manutenção do equipamento.

2.4 POWER BI

O Power BI foi desenvolvido e lançado pela Microsoft em 24 de julho de 2015. A partir dele expandiu-se a capacidade de tratamento e análises dos dados, facilitando assim o encontro de informações para apoio na tomada de decisão. Mas, atualmente, são poucas pessoas capacitadas a utilizar o software.

2.5 ISO 55000 – GESTÃO DE ATIVOS

Um ativo é algo que tem valor real ou potencial para uma ou mais organizações ao longo da vida do ativo, podendo variar seu valor.

A gestão de ativos é um processo que envolve custos equilibrados, riscos, oportunidades e benefícios de desempenho. Os fundamentos chaves da gestão de ativos são:

- Valor: ativos existem para fornecer valor para organização e suas partes interessadas;
- Alinhamento: traduz a intenção organizacional em decisões técnicas, planos e atividades;

- Liderança: liderança e cultura do local de trabalho são fatores determinantes da realização do valor;
- Garantia: como um processo, a garantia da gestão de ativos que os ativos vão cumprir a finalidade exigida.

- **2.5.1 Sistema de gestão de ativos**

É um conjunto de elementos inter-relacionados que estabelecem políticas e objetivos e os processos necessários para atingir esses objetivos. Os requisitos do sistema de gestão de ativos na ISO 55000 são explicados na NBR ISO 55001 e podem ser organizados em sete elementos específicos:

- Contexto da organização: a organização deve fazer o alinhamento dos seus objetivos e verificar quais são os ativos que devem entrar no sistema normativo;
- Liderança: o responsável pela implementação da ISO na organização deve criar planos e estratégias visando a valorização dos seus ativos e a sua adequação ao mercado;
- Planejamento: na criação do planejamento deverá ser levado em consideração os riscos que poderão ocorrer a curto e a longo prazo. Verificar se os objetivos da organização estão sendo cumpridos e se estão interligados com outros planejamentos da organização;
- Apoio: para a implementação da certificação é necessário o comprometido de todos os colaboradores da organização e a constante comunicação com todos os setores envolvidos;
- Operação: controle de processos, tratamento e monitoramento de riscos, e controle dos serviços que estão sendo terceirizados;
- Avaliação de desempenho: criação de métodos de análise dos ativos, visando acompanhar o seu desempenho financeiro;
- Melhoria: melhoria do desempenho financeiro por meio de uma melhora do retorno do investimento e uma diminuição dos custos, ao mesmo

tempo que o valor do ativo é preservado sem sacrificar os objetivos de curto ou longo prazo da organização.

3. METODOLOGIA E MÉTODO DA PESQUISA

A presente pesquisa é um estudo de caso de natureza aplicada e intervencionista, uma vez que a reestruturação no setor se deu de forma real, aliando a teoria à prática com o novo método de manutenção aplicado. Além disso, sua abordagem foi de natureza qualitativa e quantitativa simultaneamente.

No primeiro momento, foi criado um grupo que realizou um diagnóstico do setor entrevistando funcionários das equipes de operação, inspeção e execução, identificando as fragilidades da área de manutenção. Dessa forma foi elaborado um plano de ação em que o principal item foi a criação de uma área específica para manutenção desses equipamentos de elevação de carga.

No segundo momento, após a reestruturação e utilizando o RCM, e como base o Plano Diretor de Gestão de Ativos e as ferramentas de confiabilidade disponíveis, foram realizadas melhorias nos processos de manutenção e gestão de ativos que foram descritos neste trabalho.

Por fim, por meio das ferramentas disponibilizadas no Power BI, foram utilizados indicadores-chave de desempenho para acompanhar o desenvolvimento no setor a partir de gráficos e tabelas.

4. ESTUDO DE CASO

A nova era das indústrias é configurada pelos processos produtivos bem alinhados às metas estratégicas de cada corporação. Assim sendo, a manutenção é fator fundamental para alcançar a excelência empresarial. No novo panorama, os valores exigidos são: competência; criatividade; flexibilidade; velocidade; cultura de mudança; e trabalho em equipe. Diante desse cenário, as gerências modernas buscam atender a satisfação dos seus clientes, internos e externos, por meio da qualidade total dos seus processos, produtos e serviços.

A manutenção torna-se como um conjunto de atividades essencialmente planejadas e atreladas à produtividade da empresa, muito além da visão corretiva do início de sua história. Observa-se, então, que o nível técnico e gerencial dos profissionais da área também está cada vez mais elevado. Vale ressaltar o fato de que é crescente a terceirização desses serviços, estabelecendo relações de parceria, comprometimento e confiança entre ambas as partes. Essa nova abordagem dos serviços versus soluções atende aos níveis de qualificação exigidos dos profissionais, reduz custos, aumenta o faturamento e o lucro, aumenta a segurança pessoal e das instalações, reduz a demanda de serviços, reduz lucros cessantes e auxilia na preservação ambiental.

A manutenção estratégica é a palavra de ordem da área, e para que seja real, deve caminhar sintonizada, por meio das metas, para a visão da empresa como um todo. A nova manutenção é mais do que reparar equipamentos, ela oferece mais confiabilidade nos processos e reduz as chances de paradas inesperadas.

Quando falamos em metas, o uso do processo de benchmarking para determinar os níveis onde a empresa quer chegar vem se tornando muito comum e eficaz, simultaneamente, o benchmark, que são os indicadores do que é melhor para a empresa atender seu propósito. Desse novo panorama, adota-se ferramentas de gestão fundamentais para alcançar a visão do futuro, resalta-se o plano de ação suportado pelas melhores práticas, pois não é apenas implementar, é gerir a implementação com liderança e fazer isto acontecer rapidamente.

Visando a melhoria dos seus processos, também é imprescindível que as empresas se atentem para as três principais causas de fracassos e perdas, as chamadas doenças graves das organizações, que são: perda de conhecimento; satisfação dos colaboradores; e visão crítica da comunidade. Esses pontos estão totalmente atrelados à competitividade da empresa e à visão que a sociedade tem dela, portanto devem ser bem cuidados constantemente. Mesmo que a empresa esteja faturando bem hoje, a médio prazo pode se tornar um problema.

Os paradigmas velho e novo da manutenção ilustram bem como devem ser essas atividades hoje em dia: não são aceitos mais reparos inesperados, as paradas dos equipamentos devem ser planejadas e seguidas, caso contrário, a manutenção foi falha. A competitividade é consequência da produtividade da empresa em relação aos seus concorrentes, que, por sua vez, é medida pela razão entre o faturamento e os custos. A manutenção entra no âmbito de aumentar a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos por meio da otimização dos tempos de paradas, de modo que interfiram minimamente na produção.

Os produtos da manutenção são operação, manutenção e engenharia, suportados por atividades de base. E o produto final que a operação obtém da manutenção e engenharia é maior disponibilidade confiável a ao menor custo, sendo esse produto a própria relação de equilíbrio. Por exemplo, o aumento da confiabilidade reduz a indisponibilidade, portanto deve-se priorizar os pontos principais para cada tipo de empresa. O contraponto dessa relação é o aumento da demanda à medida que se pretende melhorar o nível dos três parâmetros: disponibilidade, confiabilidade e custo.

Partindo dessa premissa, surge a necessidade de um grande processo de mudança, que exige uma gestão estratégica alinhada e eficaz. Duas medidas eficazes e utilizadas pelas grandes empresas são: certificações ISO (Organização Internacional de Normalização), e a adoção da gestão da qualidade total, que trouxe considerável melhoria de resultados e a engenharia de confiabilidade. A competitividade da empresa depende, em grande parte, da boa conexão entre os subsistemas, de modo que a manutenção seja o elo de ligação entre todos seus preceptores e a operação, que é seu cliente final. Assim sendo, é fundamental que cada setor tenha a visão do todo e sua importância para o bom funcionamento dele.

A engenharia de confiabilidade proporciona quebras de paradigmas referentes aos conceitos de manutenção, visto que o foco passa a ser não o tratamento das causas da falha, mas sim na sua antecipação que está conectada à manutenção prescritiva. A cultura de confiabilidade precisa estar difundida em todas as dimensões do negócio, e o envolvimento de todos se torna um fator

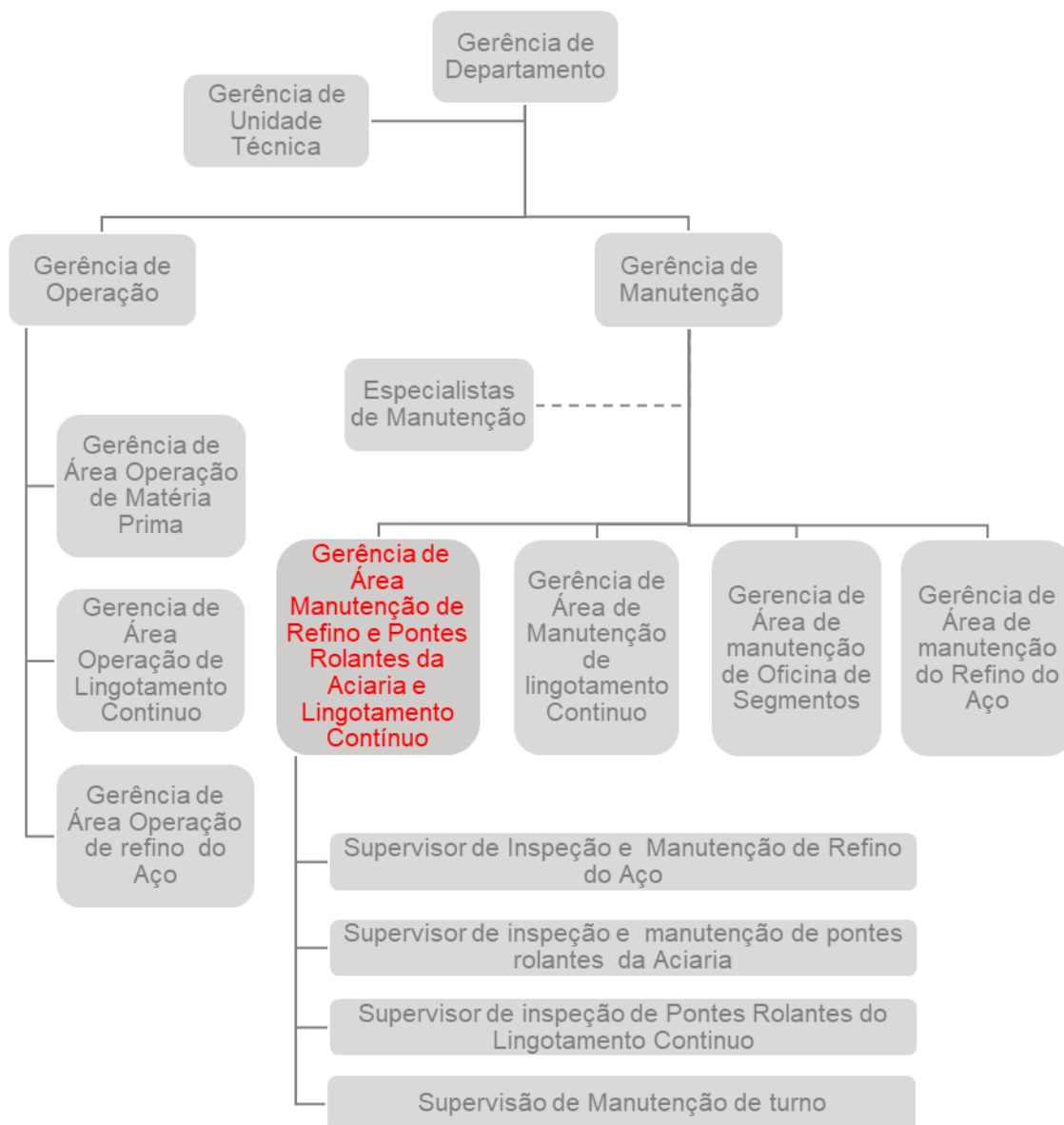
crítico de sucesso para a implantação de um programa de confiabilidade. Um dos principais fatores para o sucesso na implantação de um programa de confiabilidade é o envolvimento de todos os níveis da organização.

Sem o suporte dos níveis gerenciais, o sucesso do programa de confiabilidade será limitado a não mais que um programa de melhoria contínua.

Voltando para o nosso estudo de caso, em 2015 foi reestruturado o departamento, sendo criado a seção de manutenção de pontes rolantes, visando a redução do número de falhas e interrupções na planta por problemas inerentes a esses equipamentos, no momento anterior a criação da área, eles ficavam a cargo das gerências de manutenção de cada área da unidade produtiva, o que fazia com que os equipamentos ficassem em segundo plano, não tendo os recursos e foco priorizado para os mesmos. Na Figura 5 temos a estrutura do departamento de produção do aço com a criação da nova gerência.

Em 2017, toda empresa passou pelo processo de implantação da manutenção centrada em confiabilidade (MCC), ou do inglês, Reliability Centered Maintenance (RCM), em que se estudam e classificam os modos de falha, suas severidades, seus efeitos e possibilidades de ocorrência e, com apoio de modelos probabilísticos, determina-se o risco da operação sob certas circunstâncias.

Figura 5. Organograma do Setor de manutenção anterior a implantação da Manutenção Centrada em Confiabilidade

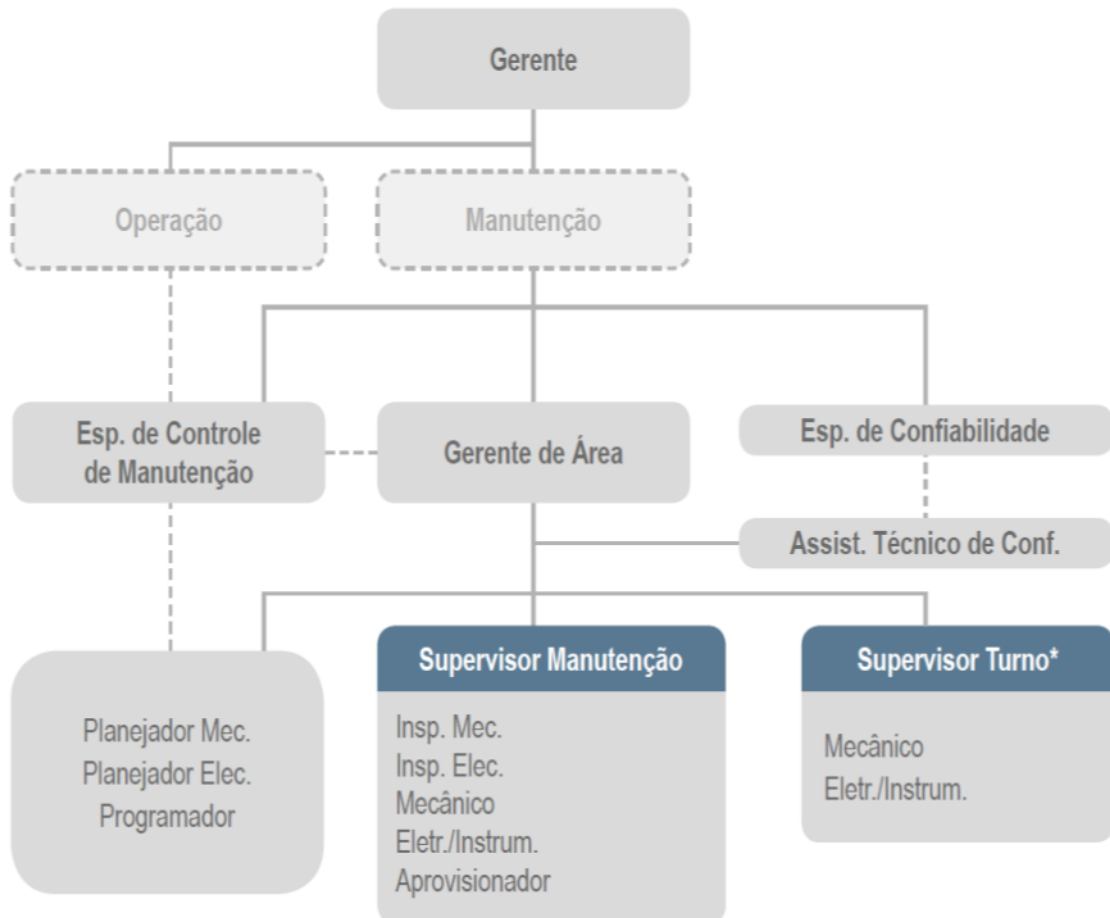


Fonte: produzido pelos autores, 2021

Todos os departamentos foram totalmente remodelados, eliminando um nível gerencial e fazendo com que a gerência ficasse a cargo tanto da manutenção como da operação de área. Isso fez melhorar o fluxo de informação e deu maior celeridade aos processos de comunicação. Além disso, foram reestruturadas as manutenções, criando novas funções que inexistiam na estrutura da empresa, como o especialista de controle de manutenção, que é o elo entre a manutenção e a operação, ficando incumbido da negociação dos planos de parada, gestão de custos e demais interfaces com a operação.

Também foi criada a célula de confiabilidade, com novas funções para especialistas e assistentes de confiabilidade, que pararam a ficar responsáveis pela elaboração e revisão dos planos de inspeção e serviços, análises de falhas, desenvolvimento de melhorias e novas tecnologias de manutenção. A Figura 6 mostra a reestruturação do departamento de manutenção após implantação do RCM.

Figura 6. Organograma do Setor de manutenção após implantação do RCM

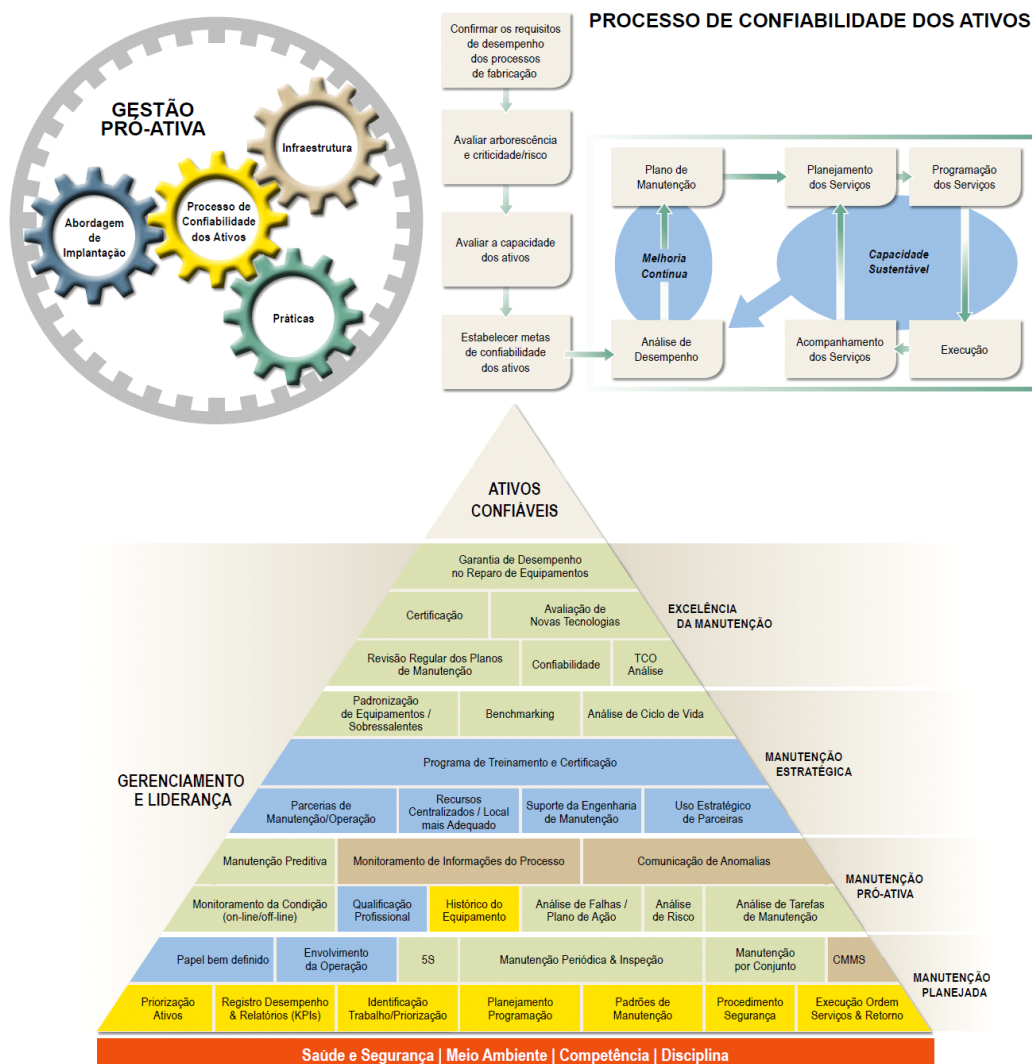


Fonte: ArcelorMittal, 2021

No momento dessa reestruturação, a companhia implantou o “Programa 5 Estrelas de Gestão de Ativos”, que tem por objetivo otimizar a operação e a manutenção, objetivando uma melhora dos resultados da empresa e melhor performance dos seus ativos. O programa foi estruturado de forma tal que sua implantação ocorra de forma gradativa e em linha com os requisitos da ISO 55001.

O modelo de manutenção e confiabilidade de Ativos (Figura 7) da empresa segue as diretrizes definidas pela Rede de Manutenção Global (GMN) do inglês Global Maintenance Network, que são válidas para todo o grupo.

Figura 7. Modelo de Manutenção e Confiabilidade de ativos.



Fonte: ArcelorMittal, 2021

O processo de confiabilidade dos ativos preserva e melhora gradativamente a capacidade dos ativos de satisfazer os requisitos de desempenho ao melhor custo, objetivando a excelência de manutenção que só é atingida após a consolidação dos valores fundamentais.

A operação também foi envolvida em busca da excelência e precisou desses conceitos fundamentais solidificados, sendo suportada pela confiabilidade.

Esse processo de confiabilidade amplamente implantado nos ativos, abrangendo manutenção e operação, pode ser chamado de confiabilidade ampla.

Na Figura 7, a pirâmide mostra os requisitos para se atingir a excelência em manutenção, incluindo os requisitos básicos focados no estabelecimento de uma abordagem sistemática para gerenciar e executar a manutenção, incorporando ferramentas e técnicas para aumentar o desempenho e a confiabilidade dos ativos. Sendo imprescindível uma liderança comprometida e uma gestão proativa.

Não foi necessário satisfazer todos os requisitos de um nível para iniciar os requisitos de um mais alto. No entanto, todos os requisitos devem estar implantados para atingir e sustentar a excelência em manutenção.

A gestão proativa da manutenção (Figura 7) é atingida por meio da interação dos processos de confiabilidade dos ativos, infraestrutura, práticas e abordagem de implementação.

Os itens destacados em amarelo estão relacionados aos fundamentos do processo de confiabilidade dos ativos e foram colocados em prática prioritariamente. Os destacados em marrom estão relacionados à estrutura e englobam as ferramentas relacionadas ao Sistema Informatizado de Gestão da Manutenção (CMMS). Os destacados em verde são as melhores práticas (ferramentas, metodologias e abordagens) que suportam o processo. Os itens em azul são requisitos que suportam a abordagem de implantação e otimizam a estrutura organizacional, trazendo clareza de papéis e responsabilidades e aumentando a competência dos empregados.

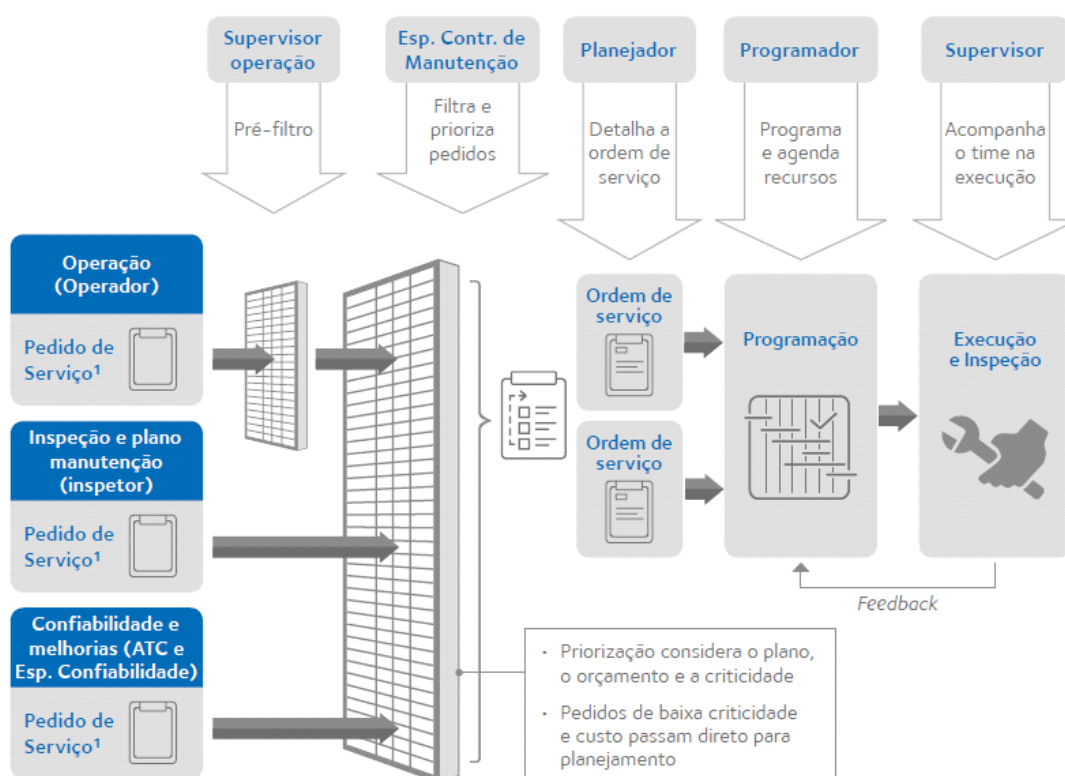
4.1 FUNÇÕES E PROCESSOS

O processo otimizado de abertura e execução de serviços de manutenção que está baseado em conceitos lean com divisão clara das funções que cada ocupação realiza está demonstrado na Figura 8.

4.2 GESTÃO DO CONHECIMENTO

Para que os conhecimentos necessários para o desempenho de cada função fossem nivelados, uma grade de conhecimentos básicos (mínimos requeridos) a serem cumpridos para aquela ocupação foi criada, sendo que os conhecimentos específicos necessários para cada ocupação foram incluídos pela área e ambos compõem o Programa de Integração do Novo Empregado (PINE) área do empregado.

Figura 8. Fluxo esquemático do processo de manutenção *lean*



Fonte: ArcelorMittal, 2021

A gestão dos conhecimentos das ocupações é realizada pelo nível superior imediato, por meio de uma ferramenta "matriz de conhecimentos", que fica disponibilizada em um sistema específico para sua gestão.

4.3 GESTÃO DE ATIVOS

As diretrizes de manutenção e gestão de ativos foram baseadas na criticidade dos ativos. A criticidade foi determinada de forma padronizada e seguiu os

critérios definidos em tabelas com os respectivos pesos por fator de falha. Esse processo não é engessado e poderá ter sua criticidade redefinida em função do cenário de produção e/ou as condições de trabalho que o ativo está inserido for modificada (regime de trabalho, severidade, carga, temperatura etc.).

A classificação final dos índices de criticidade dos ativos ficou ordenada assim de forma decrescente: AA (Param a usina); A (Alta); B (Média); e C (Baixa). A distribuição do percentual esperado por equipamento ficou conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação de Criticidades

Faixa de criticidade	Índice de criticidade	Tipo	Percentual esperado*
≥ 196	AA	Para a usina	< 5%
	A	Alta	~20%
≥ 132 < 196	B	Média	~50%
< 132	C	Baixa	~25%

Fonte: ArcelorMittal, 2021

Todos os equipamentos que foram classificados como alto potencial de acidente pessoal ou impacto grave ao meio ambiente em caso de falha tiveram ações visando mitigar a minimização de riscos, independente da faixa de criticidade final.

4.4 GESTÃO DE SOBRESSALENTES CRÍTICOS

Todos os sobressalentes foram classificados visando a distinção entre críticos e não críticos, sendo priorizados em função da disponibilidade financeira do cenário produtivo corrente. A definição de criticidade de sobressalentes não está diretamente relacionada à criticidade do ativo, ou seja, o sobressalente de um ativo crítico não necessariamente é um sobressalente crítico.

A criticidade do sobressalente levou em consideração a metodologia para classificação de sobressalentes e teve o desdobramento em duas matrizes, sendo: criticidade versus função do ativo (Matriz 1) e Lead Time (Tempo de Espera) versus custo do sobressalente (Matriz 2). A classificação metodológica de cada item surge do resultado dessas duas matrizes (Figura 9).

Dessa avaliação, foram obtidas as diferentes classificações de sobressalentes estratificadas de acordo com as codificações e descrições abaixo:

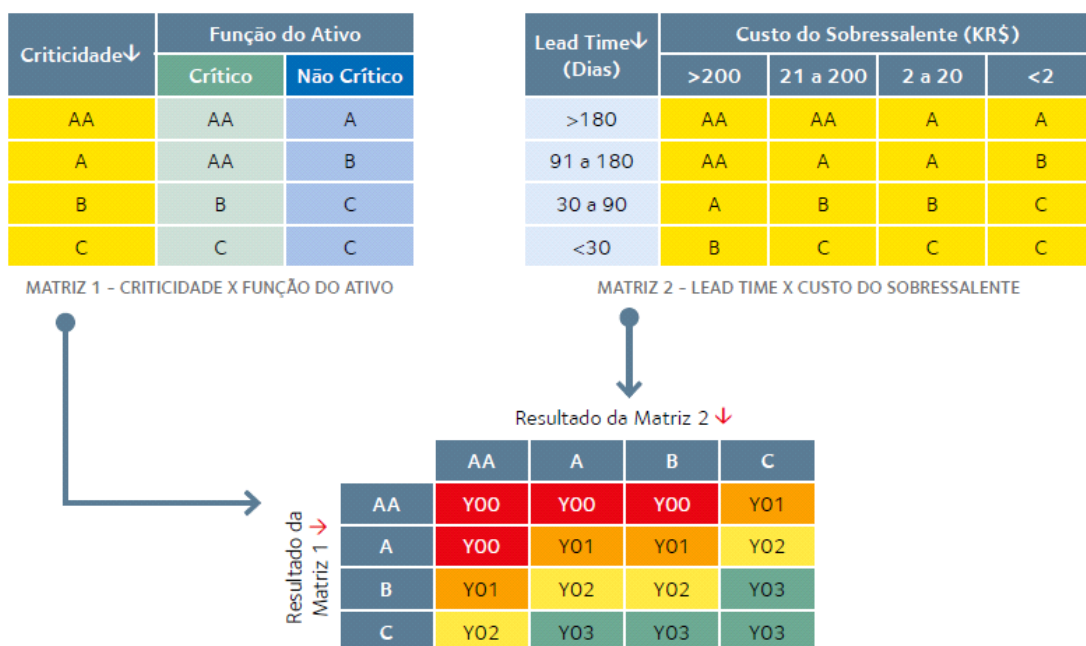
Y00 – estratégico

Y01 – paralisa a produção

Y02 – afeta a produção Y03 – não afeta a produção / possui alternativas

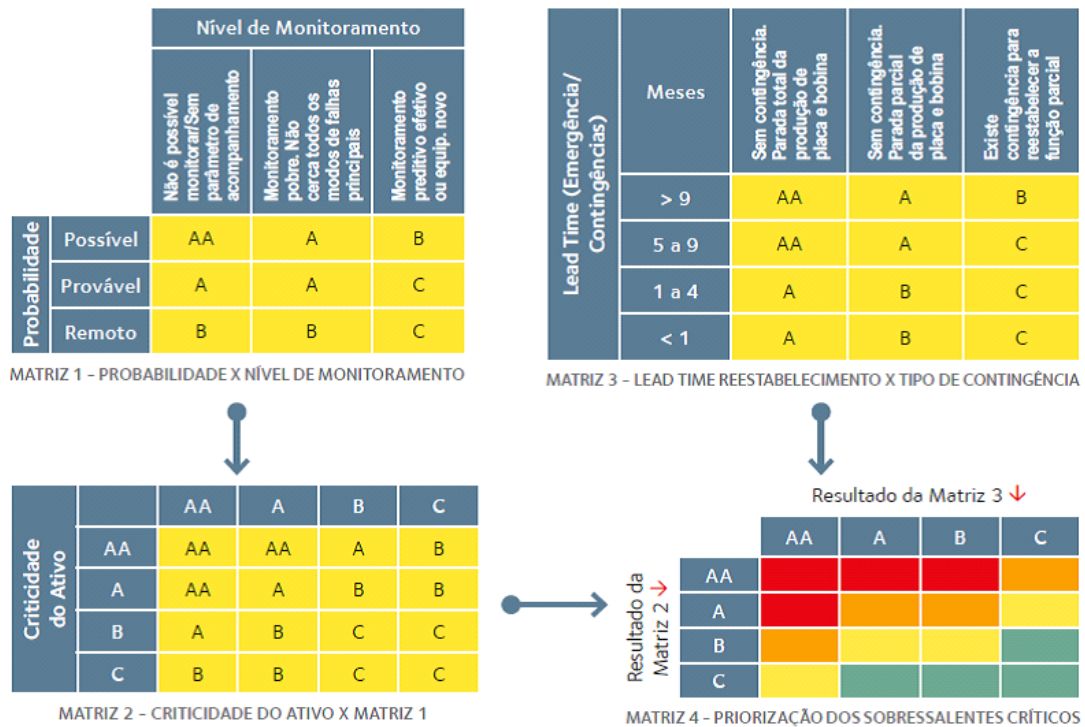
A estratégia de gestão de estoque visa uma movimentação otimizada dos itens Y02 e Y03 e a permanência dos itens Y00 e Y01, denominados como itens críticos ou estratégicos, que devem ser priorizados conforme o modelo de priorização de sobressalentes críticos abaixo, até o nível adequado e assumido de risco (Figura 10).

Figura 9. Classificação de Sobressalente



Fonte: ArcelorMittal, 2021

Figura 10. Priorização de Sobressalentes Críticos



Fonte: ArcelorMittal, 2021

Orientação do modelo de priorização de sobressalentes críticos conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Modelo de priorização de sobressalentes críticos

Vermelho	Laranja	Amarela	Verde
Sobressalente deverá ser adquirido imediatamente. Compra indispensável.	Sobressalente com compra recomendável nos próximos 12 meses. Incluir no orçamento anual.	Sobressalente deverá ser monitorado nos próximos 12 meses, realizando nova avaliação trimestral. Aquisição Planejada (Verba x Risco)	Sobressalente não deverá ser adquirido nos próximos 12 meses. Realizar nova avaliação após 12 meses.

Fonte: produzido pelos autores, 2021

Esse processo de classificação e priorização de sobressalentes foi realizado sistematicamente para os equipamentos existentes e deverá ser realizado para os novos equipamentos adquiridos. Todos os sobressalentes críticos que forem

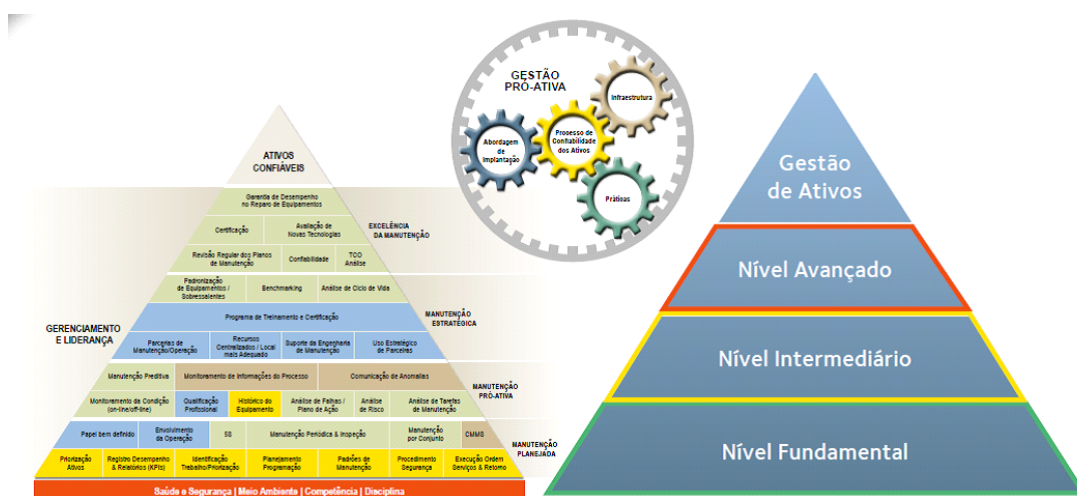
comprados e colocados em estoque devem possuir planos de inspeção para garantir que estejam cumprindo suas funções quando for utilizado. Esses planos devem ser elaborados pelos especialistas de confiabilidade e definidos de acordo com os modos de falha existentes. Esse processo de gestão de sobressalentes críticos visa a entrada ou não de um item crítico no estoque e ele irá permanecer no estoque de forma estratégica.

Quanto à gestão dos demais sobressalentes, levando em consideração o giro de estoque, deverá ser tratada de acordo com a política de ressurgimento definida pela área de suprimentos, que irá tratar cada item com uma adequada política dentro do Sistema de Gestão Empresarial ERP (SAP).

4.5 SISTEMÁTICA DE AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DO “PROGRAMA 5 ESTRELAS”

Para acompanhamento da evolução da implantação do programa e de sua evolução, uma ferramenta gerencial de avaliação da manutenção foi criada, e tem como principal objetivo a consolidação dos elementos-chave da manutenção e gestão de ativos. O programa visa nivelar conceitos e utilizar ferramentas fundamentais para melhor gestão dos ativos, além de permitir a troca de boas práticas entre as áreas (Figura 11).

Figura 11. Foco principal do programa “Programa 5 Estrelas de Manutenção e Gestão de Ativos”.



Fonte: ArcelorMittal, 2021

Elementos fundamentais da gestão de ativos:

- Capacitação;
- CMMS;
- Planos de inspeção;
- Planos de manutenção/serviços;
- Gestão de falhas.

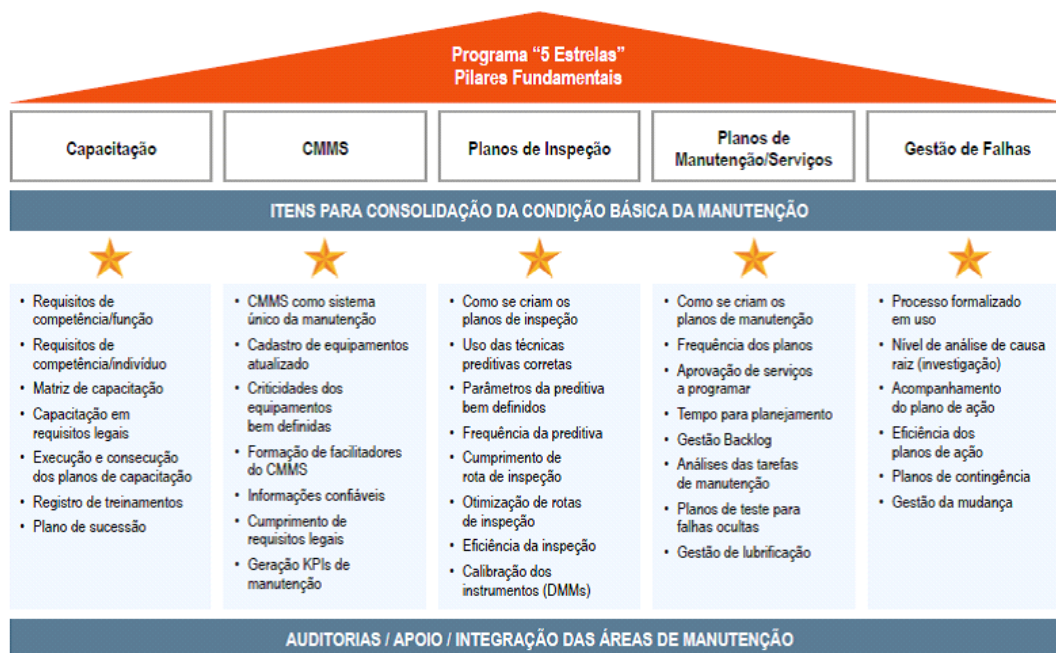
Para cada um dos elementos fundamentais da gestão de ativos, o programa se subdivide em temas, que são explorados por meio de questionário dirigido para avaliação da área, conforme Figura 12.

Elementos intermediários da gestão de ativos:

- Papéis e responsabilidades;
- Gestão de custos e orçamento;
- Gestão de sobressalentes críticos;
- Paradas programadas;
- Confiabilidade de ativos.

Para cada um dos elementos intermediários da gestão de ativos, o programa subdivide em temas, que são explorados por meio de questionário dirigido para avaliação da área (Figura 13).

Figura 12 Estruturação do Programa 5 Estrelas de Manutenção e Gestão de Ativos “Pilares Fundamentais e Temas Relacionados”



Fonte: ArcelorMittal, 2021

Figura 13. Estruturação do Programa 5 Estrelas de Manutenção e Gestão de Ativos “Pilares Intermediários e Temas Relacionados”



Fonte: ArcelorMittal, 2021

Elementos avançados da gestão de ativos são:

- Gestão de riscos;
- Desempenho do ativo;
- Gestão de interfaces;
- Confiabilidade humana;
- Novas tecnologias e métodos.

Para cada um dos elementos avançados da gestão de ativos, o programa subdivide em temas, que são explorados por meio de questionário dirigido para avaliação da área (Figura 14).

Figura 14. Estruturação do Programa 5 Estrelas de Manutenção e Gestão de Ativos
“Pilares Avançados e Temas Relacionados”



Fonte: ArcelorMittal, 2021

Enfim, toda organização que almeja alcançar a excelência operacional precisa ter um robusto alinhamento entre os processos organizacionais, estilo de liderança, comportamentos, indicadores-chave de desempenho e KPI (Key

Performance Indicator). A sigla em inglês (KPI) será empregada pois é amplamente utilizada no ambiente operacional da indústria. O tema gestão de ativos corrobora fortemente para alcance dessa excelência.

O novo modelo da manutenção e confiabilidade e adequação de KPIs são alguns exemplos dessas reformulações. O que não deve ser retirado do foco é o alinhamento dessas e outras melhorias com o objetivo organizacional. Essa evolução é fundamental no desempenho organizacional.

Nesse contexto, a manutenção deve apresentar como seus processos estão sendo ajustados e alinhados aos objetivos organizacionais, como está o acompanhamento dos resultados e adotar medidas que permitam melhorar seus processos para que gerem o valor requerido. Considerando não somente o lado financeiro, mas todos as outras áreas já mencionadas anteriormente, como ambiental, segurança etc.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No painel abaixo (Figura 15), podemos observar que após a implantação da metodologia de confiabilidade os índices de manutenção corretiva no setor de pontes rolantes do lingotamento contínuo apresentaram considerável melhora e com tendência de queda das manutenções corretivas, 28,75% em 09/2021, e aumento das manutenções preventivas para 71,25% em 09/2021, o que é desejável.

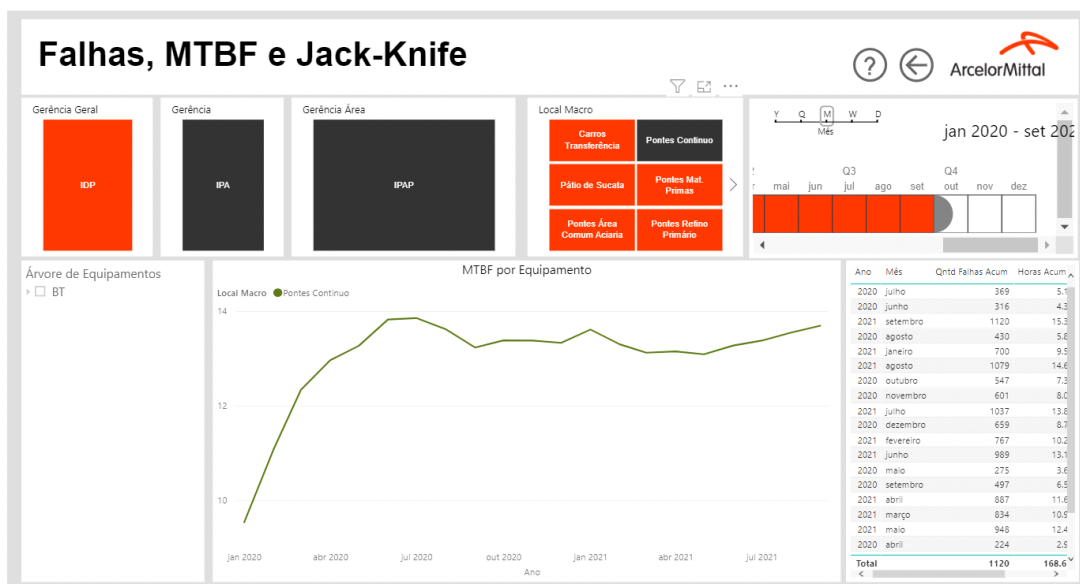
Figura 15. Índice Manutenção Corretiva e Preventiva Ativo



Fonte: ArcelorMittal, 2021

No painel abaixo (Figura 16), observamos uma melhora no tempo médio entre falhas, MTBF (Mean Time Between Failure) saindo de 9,54 horas em janeiro de 2020 para 13,69 horas em setembro de 2021, uma melhora de 43,5% no índice. A sigla em inglês (MTBF) será empregada pois é amplamente utilizada no ambiente operacional da indústria.

Figura 16. MTBF Pontes Rolantes Lingotamento Continuo



Fonte: PowerBi, ArcelorMittal, KPI's de Manutenção, 2021

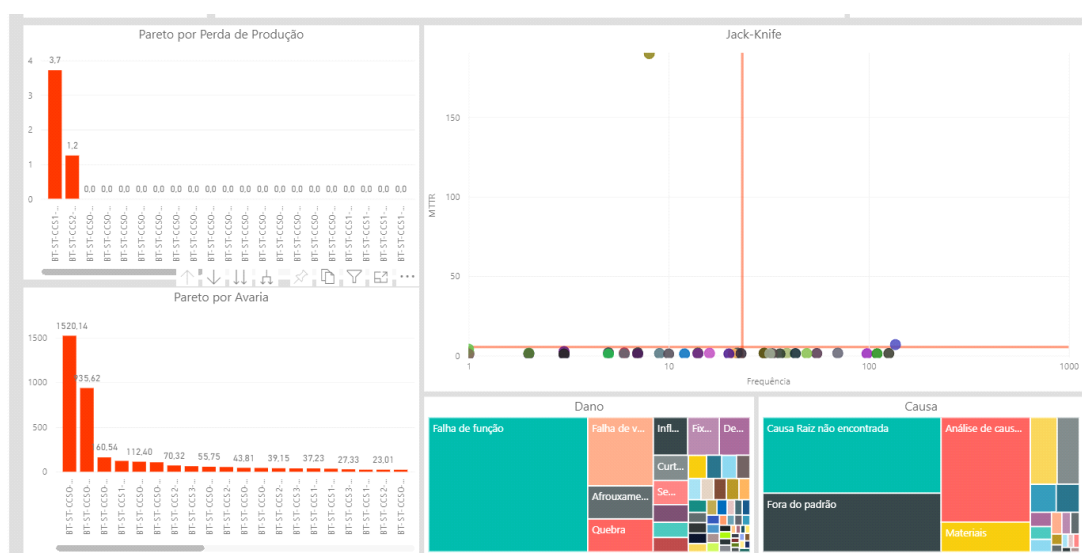
No painel (Figura 17), podemos observar os equipamentos que mais geraram perda de produção e paradas por avaria pelo método Jack-Knife. O método consiste na construção de um diagrama, em que as falhas estão localizadas em quatro quadrantes. Para obter o diagrama, é necessário ter um banco de dados confiável dos históricos e ações que a manutenção realizou num equipamento ou sistema, para identificar quais falhas foram críticas e que mais contribuíram com a indisponibilidade. O método também permite fazer a análise de dois parâmetros que estão relacionados, ao mesmo tempo, ou seja, num mesmo diagrama que advém da quantidade de falhas e do tempo de reparo daquela falha.

Essas informações são expressas em um gráfico de dispersão, em que os eixos estão em escala logarítmica. E aplica-se os limites para fazer a separação dos quadrantes. As falhas que se localizarem no quadrante superior

direito são as falhas críticas que tiveram maior tempo de reparo e maior frequência de ocorrência, sendo as primeiras a receber ações de melhoria para que possam ser resolvidas e não se repitam. Com base nessa informação, a manutenção poderá priorizar e direcionar esforços para evitar que as falhas críticas voltem a ocorrer.

Depois de analisar, organizar as informações para utilizar o método Jack-Knife e propor novas ações de melhoria como resultado, espera-se reduzir a atuação em paradas corretivas do equipamento. Com a dispersão logarítmica é possível identificar as falhas que mais contribuem para gerar a indisponibilidade, enquanto continuam permitindo a visualização da influência da frequência de falha e do MTTR, conforme Knights (2001).

Figura 17. *Jack-Knife* Pontes Rolantes Lingotamento Contínuo



Fonte: PowerBi, ArcelorMittal, KPI's de Manutenção, 2021

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos constatar que as ações de reestruturação e aplicação da metodologia de confiabilidade na referida área da siderúrgica trouxe melhora significativa nos índices de manutenção, aumentando a disponibilidade dos equipamentos, reduzindo a variabilidade dos processos atendidos por estes, sendo de grande importância a capacitação das pessoas envolvidas no processo com foco na sua função.

Por meio do uso de ferramentas como a Jack-Knife, é possível priorizar os esforços para os equipamentos e as causas que mais impactaram em paradas e perdas de produção. A partir daí são realizadas análises de falhas para identificar as causas raízes e implementação de planos de ação para bloquear as mesmas, que vão desde treinamento para as equipes de operação, manutenção e execução, padronização de processos, aquisição de sobressalentes de empresas qualificadas, controle de processo, mudança de material a reengenharia e melhorias recomendadas pela engenharia e pelo próprio setor de manutenção.

Faz-se necessário uma constante vigilância na qualidade das informações geradas nas ordens reportadas pelas equipes de manutenção do horário administrativo e turno, as quais serão os dados que tratados vão gerar as informações para os KPIs e após análise direcionarão os esforços para os itens que são responsáveis pelas paradas mais relevantes de equipamentos e perdas de produção.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR ISO 55001 – Gestão de Ativos – Sistemas de Gestão – Requisitos, 2014, 16 páginas
- ArcelorMittal Tubarão. Disponível em: <<https://brasil.arcelormittal.com/a-arcelormittal/quem-somos/arcelormittal-tubarao>>. Acesso em: 26 maio de 2021;
- BARBOSA, Marina. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ESCÓRIA DE ACIARIA DE CINCO ESTADOS BRASILEIROS. 2013. Dissertação de mestrado (Pós-graduando em Geotecnia) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.
- BERTI, Lucas. Lingotamento contínuo. In: BERTI, Lucas. Processamento e manufatura de metais. Londrina, 2013. Apresentação acadêmica.
- FCLatam, ArcelorMittal, Plano Diretor de Gestão de Ativos - Janeiro de 2021 | Rev. 02
- FLORES Filhos Joubert f. **A manutenção no segmento metro-ferroviário**. Revista ferroviária, Rio de Janeiro, pág. 55 outubro/2004.
- GREGÓRIO, Gabriela.Fonseca. P.; SANTOS, Danielle. F.; PRATA, Auricélio. B. *Engenharia de manutenção*. Porto Alegre: Grupo A, 2018. 9788595025493. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595025493/>. Acesso em: 10 nov. 2021
- JORDAN, Conrado. Manutenção prescritiva ou detectiva. In: JORDAN, Conrado. CONDITION MONITORING COM BEACONS BLUETOOTH DE BAIXO CUSTO. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de automação) - Universidade Federal de Santa Catarina, [S. l.], 2018
- KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção: Função Estratégica. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark,2009.
- KNIGHTS, Peter F. *Downtime Priorities, Jack-Knife Diagrams, and the Business Cycle*. *Maintenance Journal*. V. 17, p. 14 - 21, 2001.

MORSE, Klister. O que é uma ponte rolante. In: MORSE, Klister. O que é uma ponte rolante. [S. l.], 15 maio 2020. Disponível em: <<https://www.kistlermorse.com.br/post/o-que-%C3%A9-uma-ponte-rolante-e-como-funciona.>> Acesso em: 8 nov. 2021.

MOUBRAY, John. Manutenção Centrada em Confiabilidade (*Reliability-centred Maintenance*) - Edição Brasileira, São Paulo, SPES, 2000.

PowerBI, ArcelorMittal, KPI's de Manutenção - Acesso em: 30 set. de 2021.

SELLITTO, Miguel; BORCHARDT, Miriam; ARAÚJO, Daniel. MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE: APLICANDO UMA ABORDAGEM QUANTITATIVA. ENEGEP, Curitiba, p. 1-8, 25 out. 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Miguel-Sellitto/publication/307908187_MANUTENCAO_CENTRADA_EM_CONFIABILIDADE_APLICANDO_UMA_ABORDAGEM_QUANTITATIVA/links/57d1763c08ae6399a38b4efc/MANUTENCAO-CENTRADA-EM-CONFIABILIDADE-APLICANDO-UMA-ABORDAGEM-QUANTITATIVA.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2021.

VASCONCELOS, Felipe. Treinamento em *POWER BI*: contribuições da engenharia de produção em *Business Intelligence*: Conceitos, termos e definições de manutenção industrial. 2021. 43 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Ouro Preto, [S. l.], 2021.