

O Overall Equipment Effectiveness (OEE) aplicado no setor de aço

Overall Equipment Effectiveness (OEE) applied in the steel sector

Victor Roberto Nascimento Bezerra Bacharel em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) – Brasil.

<https://orcid.org/0000-0001-9802-506X> victor.nascimento@discente.univasf.edu.br

Ana Cristina Gonçalves Castro Silva Doutora em Engenharia Industrial. Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) – Brasil. castroanasilva@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0001-8682-7794>

Pedro Vieira Souza Santos Mestre em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) – Brasil.

<https://orcid.org/0000-0001-9802-506X> pedrovieirass@hotmail.com

Thiago Magalhães Amaral Doutor em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) – Brasil.

<https://orcid.org/0000-0003-3642-5054> thiago.magalhaes@univasf.edu.br

RESUMO

A aplicação do *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* como ferramenta para avaliação de eficiência de um Corte e Dobra de Aço foi aplicada neste presente trabalho. Esse estudo de caso, aborda a utilização do OEE para mensurar e melhorar a eficiência de uma linha de produção específica, situada em uma empresa distribuidora de aço em Juazeiro-BA. A metodologia baseou-se em um estudo de caso, e através do mapeamento do processo produtivo, seguido pelo cálculo do índice OEE, por meio dos indicadores de Disponibilidade, Desempenho e Qualidade. Os resultados obtidos indicaram áreas críticas com maior potencial de intervenções, identificando as perdas, com o intuito de elevar significativamente o desempenho operacional. O estudo concluiu que o OEE na linha estudada no período foi de 68,04%, indicando uma classificação “Bom”, mas que requer melhorias. Para isso, foi elaborado um Plano de Ação através da ferramenta 5W1H, o qual propôs melhorias com base na análise dos índices e nas necessidades da empresa. Portanto, a aplicação do OEE não só permite uma avaliação precisa da eficiência operacional das máquinas, mas também contribui para a redução de desperdícios e a otimização da utilização de recursos, promovendo a melhoria da produtividade e a qualidade dos produtos oferecidos pela empresa.

Palavras-chave: overall equipment effectiveness. aço. melhoria continua.

ABSTRACT

The application of Overall Equipment Effectiveness (OEE) as a tool for evaluating efficiency in Steel Cutting and Bending was implemented in this study. This case study addresses the use of OEE to measure and enhance the efficiency of a specific production line located at a steel distributor in Juazeiro-BA. The methodology was based on a case study approach, involving mapping of the production process followed by calculating the OEE index using Availability, Performance, and Quality indicators. The results identified critical areas with the highest potential for interventions, pinpointing

losses to significantly boost operational performance. The study concluded that the OEE for the examined line during the period was 68.04%, indicating a "Good" rating but requiring improvements. Accordingly, an Action Plan was devised using the 5W1H tool, proposing enhancements based on index analysis and company needs. Therefore, applying OEE not only allows for precise evaluation of machine operational efficiency but also aids in waste reduction and resource optimization, thereby promoting productivity improvement and product quality enhancement for the company.

Keywords: overall equipment effectiveness. stell. continuous improvement.

Recebido em 14/02/2025. Aprovado em 18/11/2025. Avaliado pelo sistema *double blind peer review*. Publicado conforme normas da ABNT.
<https://doi.org/10.22279/navus.v16.2086>

1 INTRODUÇÃO

Segundo Fleischer, Weismann e Niggemann (2006) e Fernandes *et al.* (2021), a competitividade das empresas depende da disponibilidade e produtividade de suas instalações de produção. Em meio às complexidades econômicas e tecnológicas do mundo moderno, a produção e distribuição do aço têm sido uma prioridade para os mais diversos setores da economia e para a indústria. De acordo com dados recentes da World Steel Association (Worldsteel, 2024), a produção mundial de aço atingiu aproximadamente 1,9 bilhão de toneladas em 2023, representando quase a mesma produção realizada em 2022, refletindo a demanda contínua por este recurso essencial em diversas aplicações.

No Brasil, o setor siderúrgico também desempenha um papel estratégico na economia do país. A indústria do aço compõe um dos principais setores da economia, com uma produção anual que ultrapassou 31,9 milhões de toneladas de aço bruto em 2023, de acordo com dados do Instituto Aço Brasil (IAB, 2024). Este cenário demanda não apenas uma produção volumosa, mas também processos eficientes e inovadores para atender às exigências do mercado.

Conforme Pereira (2011), em meados de 1979, o Brasil presenciou um marco crucial na indústria da construção civil com o surgimento da primeira unidade de Corte e Dobra de Aço com tecnologia de ponta. Até então, as siderúrgicas entregavam o aço em rolos de duas toneladas ou barras nervuradas de 12 metros, o que exigia adaptações artesanais nas obras, pois o material era processado manualmente nos canteiros de obras, devido à falta de tecnologia (Araújo, 2023). Esse processo artesanal não apenas era lento, mas também resultava em uma significativa perda de material, impactando diretamente os custos e a eficiência das construções (Pereira, 2011).

A introdução da tecnologia de Corte e Dobra automatizada revolucionou a forma como o aço era manipulado para projetos de construção. No setor econômico em que o aço é utilizado como matéria-prima, existe uma quantidade considerável de empresas especializadas apenas na transformação de metais, que, através de processos como corte, dobramento, usinagem e soldagem, entregam aos clientes subcomponentes de produtos finais (Quadros, 2020). Ao oferecer aço cortado e dobrado de acordo com as especificações exatas dos clientes, predominantemente construtoras e empreiteiras, a empresa não apenas aumenta a eficiência operacional, mas também reduz significativamente as perdas de materiais (Pereira, 2011).

Dessa maneira, a fabricação de peças elaboradas a partir do aço é realizada por meio do processo de conformação mecânica. Nessa técnica, há uma alteração específica na forma do material, sendo amplamente empregada na produção e no processamento de materiais metálicos. Dentre os métodos de estampagem, os mais proeminentes incluem corte por cisalhamento, estiramento, embutimento e dobramento (Dieter, 1981). Essas empresas de Corte e Dobra (CD) têm a responsabilidade de fabricar os itens de acordo com as especificações de projeto do cliente e, ao mesmo tempo, operar mantendo preços competitivos (Quadros, 2020). Assim, as revendas que operam no segmento de Corte e Dobra de Aço desempenham um papel fundamental na cadeia de suprimentos do aço.

Como avalia Tubino (2009), as empresas enfrentam um duplo desafio: manter-se competitivas em um mercado dinâmico e atender às crescentes demandas de eficiência, de forma competitiva e sustentável. Assim, a tecnologia de Corte e Dobra automatizada, é destacada por Pereira (2011) como um marco na indústria da construção, representando um avanço significativo, permitindo uma manipulação mais eficiente do aço e reduzindo as perdas de material. No entanto, mesmo com avanços tecnológicos, o setor de CD de Aço enfrenta desafios específicos, como a necessidade de otimizar os tempos de processamento para aumentar a eficiência operacional e reduzir custos (Quadros, 2020).

Neste contexto, a Manutenção Produtiva Total (TPM) se destaca como uma filosofia de manutenção que enfatiza a prevenção de perdas e o aprimoramento contínuo, tida, portanto, como um pilar fundamental do Lean Manufacturing (Nakajima, 1988). A TPM, ainda conforme o autor, visa à otimização da eficiência dos equipamentos por meio do envolvimento de todos os funcionários, desde a operação até a manutenção.

Dessa forma, também dentro do escopo do Lean Manufacturing, destaca-se o Overall Equipment Effectiveness (OEE), um indicador de desempenho que mede a eficiência global dos equipamentos, combinando as métricas de disponibilidade, performance e qualidade (Nakajima, 1988; Santos *et al.*, 2020). A aplicação do OEE permite identificar áreas críticas nas quais possíveis intervenções podem elevar significativamente o desempenho operacional.

Nesta conjuntura, a ausência de dados que possam mensurar a eficiência dos equipamentos e da produção constitui um problema crítico para a empresa. Portanto, a introdução de um indicador de desempenho que mede a eficiência global do equipamento, o Overall Equipment Effectiveness, pode ser fundamental para identificar e solucionar as ineficiências dos maquinários na linha de produção de aço cortado e dobrado. Logo, o objetivo geral do trabalho é implementar o indicador de Eficiência Global dos Equipamentos, o OEE, para avaliar o desempenho de uma linha de produção de uma empresa distribuidora de aço cortado e dobrado.

REFERENCIAL TEÓRICO

Corte e Dobra de Aço

O desenvolvimento de equipamentos automatizados para processamento de vergalhões, controlados numericamente, trouxe avanços significativos para o processo industrial de Corte e Dobra (Maciel, 2018). Até o final da década de 1970, o corte e dobra de barras de aço no Brasil era realizado de maneira artesanal. Conforme Santos (2019), a maioria do material produzido pelas usinas siderúrgicas era fornecida em barras de 12 metros. Para o serviço de CD, utilizavam-se métodos com tecnologia limitada, empregando serras para o corte e pinos de dobra improvisados montados em mesas de madeira, sem seguir os padrões normativos exigidos.

Segundo Marques (2013), os serviços de corte e dobra no Brasil tiveram inicio aproximadamente em 1989, com uma das primeiras unidades sendo instalada no estado do Rio de Janeiro. Posteriormente, essas unidades foram implementadas nos estados vizinhos, como São Paulo e Minas Gerais, pois essas regiões são estratégicas, devido à proximidade com as usinas siderúrgicas (Marques, 2013).

O fornecimento de aço cortado e dobrado industrialmente, segundo Barros e Melhado (1998), envolve a solicitação do material a partir do envio do projeto detalhado da armadura desejada. Esse método necessita de planejamento entre o tempo de produção e o cronograma da obra (Gondim, 2020). Ainda segundo o autor, as principais vantagens desse fornecimento incluem a redução da mão de obra no canteiro, ganho de produtividade, redução das perdas de material e maior qualidade do produto final devido à execução por máquinas.

Conforme Moraes e Borges (2009) o processo de fornecimento começa com a negociação dos valores do serviço de Corte e Dobra, pode ser expresso em reais por tonelada (R\$/t) ou reais por Quilograma (R\$/Kg), e não varia com a complexidade do projeto. Após o pedido ser formalizado, o cliente envia os

projetos estruturais detalhados para análise e planilhamento. Esse processo inclui a identificação das peças presentes no projeto e gera as etiquetas que servirão como Ordens de Produção (O.S.), que serão utilizadas nas máquinas.

Durante a produção, as máquinas podem ser abastecidas com aço em carretéis ou barras nervuradas, sendo os carretéis limitados a diâmetros de até 25 mm. Com a máquina abastecida de matéria-prima, o operador lê e programa as informações da ordem de produção e inicia o processo (Gondim, 2020). Em seguida a máquina produz automaticamente as peças conforme detalhado no projeto estrutural, seguindo as orientações para dobramento do aço e a utilização de pinos adequados, conforme especificado pela norma Norma Brasileira (NBR) 6118. Dessa maneira, a utilização de carretéis no processo de Corte e Dobra reduz significativamente as perdas de aço, em comparação as perdas existentes com a utilização de barras retas, podendo chegar a mais de 10%, segundo Alves e Passos (2016).

Após a fabricação, as peças de aço são transportadas por pontes rolantes e estocadas. Segundo Chaim (2001), como o serviço de Corte e Dobra de Aço deve ser realizado conforme as especificações do projeto estrutural, ele deve ser entregue de acordo com o cronograma da construção (cronograma da obra) e em lotes devidamente identificados. Posteriormente, esses lotes são carregados em veículos específicos para cargas, e então são despachados ao(s) cliente(s). Na obra, o recebimento do aço envolve conferência das informações e verificação das condições das peças, garantindo que o pedido esteja completo e conforme solicitado (Gondim, 2020).

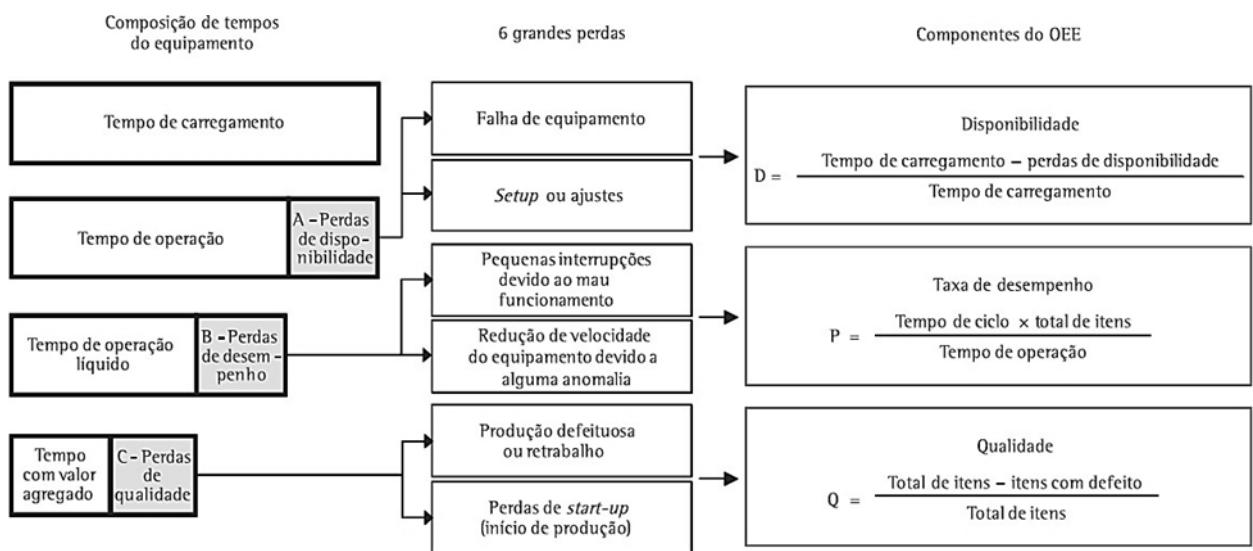
Overall Equipment Effectiveness (OEE)

A gestão eficaz dos indicadores de produção é crucial para a redução de custos e o aprimoramento da eficiência no processo produtivo (Oliveira, Hemosilla e Silva, 2012; Machado; Santos, 2020). O Overall Equipment Effectiveness (OEE) é um indicador fundamental na gestão de operações e produção, oferecendo uma visão abrangente do desempenho dos equipamentos industriais (Nakajima, 1988). A Eficiência Global dos Equipamentos, antes considerada apenas como um indicador da eficácia da manutenção produtiva total, agora é reconhecida como uma medida eficaz na gestão da produtividade (Hansen, 2006; Santos e Santos, 2021).

O OEE destaca-se como o principal indicador para avaliar a Eficiência Global, analisando o desempenho diário dos equipamentos por meio dos fatores essenciais: (i) paradas, (ii) ritmo e (iii) produtos defeituosos (Santos, 2018). Esses elementos são conhecidos como Disponibilidade, Desempenho e

Qualidade e identificam as origens das perdas de eficiência. As barreiras que impactam a eficiência global do equipamento são identificadas na *Total Production Maintenance* (TPM) como as "seis grandes perdas", conforme delineado por Shirose (1992). A eliminação dessas perdas é essencial para a melhoria do OEE, conforme representado na Figura 1.

Figura 1 - Esquematização entre os tempos associados às seis grandes perdas e o OEE



Fonte: Busso e Miyake (2013, p. 208)

Lima (2014) e Santos (2020) ressaltam que o OEE é projetado para examinar o desempenho dos instrumentos na produção de produtos em organizações empresariais, buscando equilíbrio entre ações direcionadas à produção, desempenho e qualidade, alinhando-se às estratégias de manutenção. Isso é ocorre porque o OEE deriva do aprimoramento da metodologia TPM, desenvolvida por Nakajima (1988).

O TPM visa alcançar o desempenho ideal e a redução de perdas, destacando a medição do acúmulo de desperdício de tempo como a melhor forma de avaliar a eficácia do equipamento. Ele permite às empresas analisarem suas condições reais de eficiência e utilização de equipamentos ao identificar as seis grandes perdas que afetam qualquer equipamento (Nakajima, 1988).

A implementação do TPM baseia-se em três conceitos centrais: maximização da eficiência do equipamento, manutenção autônoma realizada por operadores e organização de pequenos grupos de melhoria (Ljungberg, 1998). Conforme destacado por Hansen (2006), o resultado global da eficiência pode ser categorizado de acordo com os seguintes parâmetros na Tabela 1.

Tabela 1 - Os níveis de Classificação do OEE Global.

Nível	Crítério	Considerações
Abaixo de 65%	"Inaceitável"	É preciso tomar ações imediatas.
Entre 65% e 75%	"Bom" ou "Adequado"	É avaliado como "Bom", mas precisa de melhorias.
Entre 75% e 85%	"Muito Bom"	Tem potencial para alcançar um padrão mundial.
Acima de 85%	"Nível Mundial"	É classificado como de "Nível Mundial".

Fonte: Adaptado de Hansen (2006).

Moraes (2004) destaca o OEE como um padrão mundial de medição de resultados. Segundo Nakajima (1988), a aspiração é alcançar um OEE de 85% para os equipamentos. Para atingir esse percentual, são necessários os seguintes índices: (i) 90% para disponibilidade; (ii) 95% para performance; e (iii) 99% para qualidade. O OEE considera, em seu processo de formulação, os seguintes aspectos:

- a) O tempo útil disponível para o equipamento executar sua função, ou seja, produzir;
- b) A eficiência ao longo do funcionamento, representando a capacidade de produzir no ritmo habitual;
- c) A qualidade do produto alcançado pelo processo em que o equipamento está inserido.

Portanto, o objetivo principal de um programa OEE é minimizar ou reduzir as causas de ineficiência no ambiente de fabricação ou operação (Aman et al., 2017; Silva, Silva e Santos, 2024). Na perspectiva de Kumar, Varambally e Rodrigues (2012), ao calcular o OEE, o indicador fornece uma visão abrangente de onde o tempo produtivo e os recursos estão sendo perdidos, permitindo descobrir a verdadeira capacidade oculta do sistema. Por fim, muitas dessas melhorias podem ser implementadas sem a necessidade de investimentos significativos, envolvendo ajustes em procedimentos básicos (Hansen, 2006).

METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa foi organizada em três fases.

Primeira fase:

- Visita *in loco*

Nesta fase inicial, foi conduzida uma visita *in loco* à distribuidora de aço com o objetivo de estabelecer o primeiro contato com a empresa, conhecer seu processo produtivo, e compreender as expectativas e necessidades do negócio. Assim, foi possível identificar um dos problemas da empresa: a falta de mensuração do desempenho da produção de aço cortado e dobrado.

- Definição do Problema

Em seguida, após a identificação de um dos desafios da empresa, o problema da pesquisa foi claramente definido, abrangendo as necessidades de melhorias no processo produtivo e sua mensuração por meio do indicador OEE. O indicador escolhido atende à necessidade de otimizar a eficiência operacional de uma das linhas de produção de Corte e Dobra de Aço.

- Fundamentação Teórica

Com isso, foi necessário um aprofundamento realizado por meio da pesquisa bibliográfica, com o objetivo de enriquecer os conhecimentos sobre o tema. Essa etapa do estudo compreende a revisão de literatura a partir das fontes consultadas, como livros, artigos acadêmicos, teses, dissertações e estudos de caso bem-sucedidos. Essa base teórica focou principalmente nos conceitos do Lean Manufacturing e do TPM, enfatizando os conceitos da aplicação da ferramenta OEE.

- Definição da Metodologia

Essa etapa consistiu nos ajustes e planejamentos da execução da pesquisa, e, portanto, estabelecendo a metodologia a ser aplicada nela.

Segunda fase:

- Levantamento dos processos realizados na linha de produção

Nesta etapa, os esforços se concentraram no levantamento detalhado dos processos realizados pela equipe de operadores de máquinas, gerência, encarregados de produção e com foco na operação da máquina de Corte e Dobra de Aço, documentando cada etapa e particularidade dos procedimentos analisados.

- Treinamento dos Operadores

Os operadores foram treinados especificamente para a coleta de dados precisos e confiáveis, sendo orientados a anotar o horário de início e de término dos pedidos em produção, o peso em quilogramas do material produzido e se as peças eram complexas ou comuns, pois isso impactaria diretamente entre a quantidade de tempo utilizada versus a produção efetiva em peso. Esse tipo de abordagem é essencial para uma análise efetiva do OEE.

- Coleta de Dados

Os dados foram coletados de acordo com os procedimentos estabelecidos, sendo realizados por meio da cronometragem de cada etapa identificada no processo, desde as Paradas Programadas as Pequenas Paradas, e demais etapas.

Após a coleta, os dados seguiram para o tratamento e organização em tabela no Microsoft® Excel, os preparando-os para análises subsequentes.

Terceira fase:

- Desenho do Fluxograma

Assim, foi realizado o desenho de um fluxograma para mapear os processos, com o objetivo de visualizar detalhadamente as etapas da linha de produção detalhadamente. Para a construção do modelo, foi utilizado o Lucidchart, um software utilizado para organizar, criar fluxogramas, além de documentar processos, proporcionando uma melhor compreensão das atividades operacionais.

- Cálculo do OEE

As perdas de tempo foram quantificadas, e a Disponibilidade da máquina foi calculada, a fim de identificar os períodos de inatividade. O Desempenho foi analisado para avaliar a produtividade efetiva da máquina em comparação com seu potencial máximo. Por fim, a Qualidade também foi calculada, considerando a quantidade, em quilogramas, de peças que precisaram ser descartadas. Com base nessas análises, o OEE foi calculado, fornecendo um indicador abrangente da eficiência da máquina, consolidado a partir dos índices obtidos.

- Proposta de Melhorias

Por último, utilizando as informações obtidas por meio do OEE, foi possível propor à administração algumas melhorias que poderiam ser implementadas no processo de beneficiamento do aço cortado e dobrado. Para isso, elaborou-se um plano de ação utilizando a ferramenta de qualidade 5W1H.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo industrializado de Corte e Dobra é conduzido com base no Projeto Estrutural, que inclui o detalhamento das armações (Chaim, 2001). Para isso, segundo Marder e Formoso (2004), é realizada a atividade de planilhamento, que consiste na transcrição das informações do Projeto Estrutural para o software utilizado pela empresa de Corte e Dobra na coordenação dos serviços de produção, considerando as diversas variedades e formatos típicos de peças de aço.

Com base nessas informações, a empresa realiza o planilhamento utilizando um software computacional. Nesse processo, dados como detalhes da obra, cliente, número e revisão do desenho de referência, identificação dos elementos estruturais, posição, diâmetro (bitola), formato de dobra e quantidade de peças são inseridos no sistema usado pela empresa processadora do aço, juntamente com outras informações essenciais para a produção (Carlott,

2012). A partir disso, são geradas as ordens de produção (O.S.) e o Romaneio de entrega.

A Ordem de Produção (O.S.) contém as principais informações de identificação do cliente ao qual pertence, bem como os dados necessários para o correto posicionamento das peças de acordo com o projeto estrutural: desenho de referência, elemento, bitola (mm), tipo de aço, quantidade e formato das peças, comprimento unitário e o peso total em quilogramas correspondente ao conjunto.

Já o Romaneio de Entrega, reúne todas as informações das O.S. geradas. Ele também serve como referência para o cliente identificar todas as peças que foram planilhadas, bem como identificar todo o lote de peças que foram produzidas e entregues, além de auxiliar o armador de ferragens na identificação de quais peças devem ser combinadas entre si, para formar o conjunto armado do aço estrutural. Em seguida, após finalizada a etapa do planilhamento e com a aprovação do cliente, as etiquetas correspondentes as O.S. são impressas, e o material é encaminhado para a linha de produção nas máquinas de Corte e Dobra.

Para realizar o Corte e Dobra do aço, existem equipamentos automatizados de processamento de vergalhões, classificados em três tipos, considerando o sistema de fornecimento, cabeças de dobra, diâmetro dos vergalhões e dimensões dos formatos a serem produzidos. De acordo com esses autores, os equipamentos do tipo "A", e tipo "B", são capazes de manipular vergalhões de até 16 mm. Os equipamentos do tipo "B", diferenciam-se do tipo "A" devido a presença de dois cabeçotes para a realização da dobra (superior e inferior), permitindo maior agilidade e precisão.

Além disso, segundo a Schnell Brasil (2024), os equipamentos do tipo "B", podem alcançar velocidades máximas de arrastes de até 200 m/min e os equipamentos do tipo "A" até 140 m/min, ambos na versão *High Speed* (HS). Na versão comum, o equipamento do tipo "B" atinge até 140 m/min e o equipamento do tipo "A" alcança até 110 m/min.

Além disso, os equipamentos do tipo "B" possuem regulagem eletrônica do endireitamento do aço, enquanto que os do tipo "A", contam com ajustes manuais. Esses equipamentos realizam automaticamente o endireitamento, corte e dobra dos vergalhões. Os equipamentos do tipo "A" e tipo "B", operam com o uso de bobinas de fios de aço como matéria prima, as quais são produzidas nacionalmente e disponibilizadas para clientes que adquirem maiores volumes e possuem equipamentos desses tipos.

A produção de um pedido de um cliente de Corte e Dobra, incluindo todas as ordens de produção, segue um prazo pré-determinado de até cinco dias úteis. Finalizada a produção na máquina, o operador de ponte. Finalizada a produção

na máquina, o operador de ponte utilizará o equipamento denominado Ponte Rolante para recolher os “pacotes” e transportá-los até o local destinado ao armazenamento de todas as peças de um único pedido, mantendo-as organizadas separadamente.

Mapeamento do processo

Na Gerência de Produção ocorrem todos os processos relacionados ao gerenciamento do projeto, desde a chegada do Projeto Estrutural, seu planilhamento no software destinado a essa atividade, o retorno ao cliente e vendedor sobre o quadro de aço do projeto, e o envio do romaneio de produção. O retorno ao cliente é crucial, pois permite que ele verifique quais peças de aço serão produzidas, suas respectivas quantidades e o peso total do projeto, além de possibilitar sugerir alterações e verificar a conformidade do projeto antes de negociar e fechar o pedido com a empresa.

Além disso, ocorre a programação do cronograma da produção, realizada pelo gerente do setor. As Ordens de Produção (O.S.) são impressas juntamente com o Romaneio de Entrega do pedido e, ao chegar à data de programação ou quando se abre uma janela de produção, são levadas até a produção pelo encarregado ou gerente.

A etapa de produção inicia-se quando as O.S. chegam aos operadores. Com as Ordens de Produção em mãos, o operador de máquina solicita ao operador de ponte a bobina de aço da bitola necessária, movendo a matéria prima com a Ponte Rolante para abastecer a máquina. O operador então realiza o setup de montagem da matéria-prima na máquina e, em seguida, confere todas as informações das O.S. para garantir sua conformidade.

Se houver inconsistências, estas são comunicadas à Gerência de Produção para resolução. Em seguida, o operador programa a Ordem de Produção no computador da máquina e inicia a produção da primeira peça. Após a conferência da peça inicial, se ela estiver conforme, a máquina é programada para produzir o restante das peças; caso contrário, o processo de programação é repetido. Concluída a produção, as peças são amarradas em pacotes e identificadas com a O.S. Por fim, o material acabado é transferido para a área de armazenamento, até que o setor de logística combine com o cliente a data e o modo de entrega do pedido.

Escolha do equipamento

A empresa estudada conta com quatro linhas de produção de aço cortado e dobrado, sendo três destas automatizadas e uma operada manualmente. Para a composição deste estudo, optou-se por limitar a pesquisa apenas na linha de produção automatizada. Conforme analisado, os equipamentos do tipo "A" e tipo "B" são capazes de manipular vergalhões de até 16 mm. O equipamento do

tipo "B" foi definido pela Gerência de Produção como a máquina que seria responsável por processar as bitolas de aço de diâmetro 8 mm e 10 mm, enquanto que os outros dois equipamentos do tipo "A", um deles seria responsável pelas bitolas 4.2 mm, 5 mm, 6 mm e 6.3 mm e o outro responsável pelas bitolas 12.5 mm e 16 mm. Já as bitolas de diâmetro superiores são processadas na linha de produção manual.

Do ponto de vista econômico, a escolha do equipamento foi fundamentada pela análise do faturamento das vendas das bitolas de aço processadas. Os dados dos três primeiros trimestres do ano demonstram que as bitolas de 8 mm e 10 mm, tiveram uma participação significativa no faturamento da empresa. A análise dos dados mostra que as bitolas de 8 mm e 10 mm representam uma parcela maior do total produzido e faturado pela empresa. A bitola 8 mm tem uma parcela de 27% e a 10 mm de 25%, representando cerca de 52% do faturamento registrado no primeiro trimestre da empresa. Assim, esses dados justificam a escolha da linha de produção, que contempla o equipamento do tipo "B".

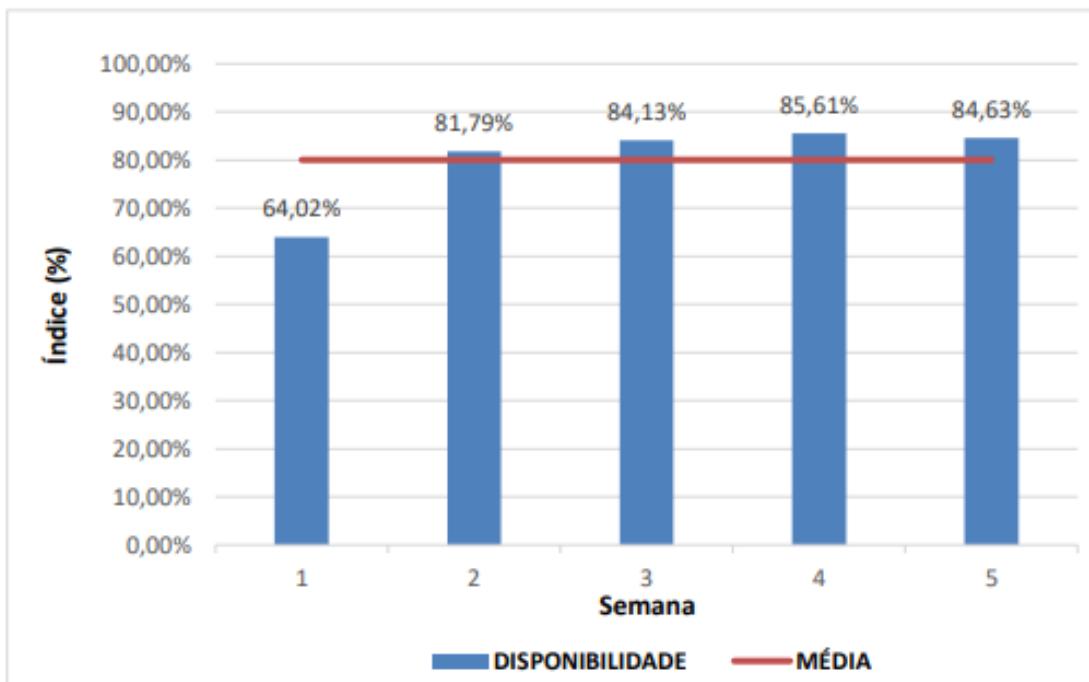
Cálculo do OEE

Para realizar os cálculos do OEE no processo, os dados foram coletados e anotados em tabela impressa. Os operadores ficaram responsáveis por anotar os dados específicos dos períodos de trabalho e dos pedidos, incluindo código do pedido, horário de início, horário de término e peso produzido. Durante essa fase, foram cronometrados e documentados todos os tempos de paradas ocorridas durante o processo, bem como o registro do peso das peças de refugo (sucatas) no processo produtivo de Corte e Dobra.

Esta sucata é reaproveitada através de logística reversa, sendo reintroduzida no processo siderúrgico de produção de aço bruto, pela empresa produtora do aço. Todos os dados foram coletados no período compreendido entre 15/03/2024 e 18/04/2024, totalizando cinco semanas. Esses dados, foram posteriormente alimentados em planilhas no Microsoft® Excel, organizados por semanas.

O primeiro indicador a ser calculado, foi o de Disponibilidade (Figura 2). Nessa etapa, o tempo total dos turnos são descontados das paradas programadas, formando o Tempo Planejado para Produção. Logo em seguida, desse tempo são descontados os tempos de Paradas Não Programadas, *setups*, Inicialização da Máquina e Quebras, formando o Tempo de Produção Teórico.

Figura 2 - Disponibilidade por semana



Fonte: Dados da pesquisa

Conforme os resultados obtidos, calculando a média das observações no período, foi possível estabelecer que a Disponibilidade Geral no período foi de 80,04%. Visualizando a Figura, é possível compreender que na primeira semana, o índice foi altamente impactado, estando muito abaixo da média estabelecida pela Disponibilidade Geral.

Os principais fatores que impactaram a baixa disponibilidade nessa semana, foram as quebras, que tiveram um tempo somado e registrado de 211 minutos, o *setup* de troca das bobinas com 104 minutos e as paradas não programadas, com cerca de 439 min. Consequentemente, em uma semana que teve um Tempo Programado para Produzir de 2265 minutos, houve uma redução da disponibilidade do tempo destinado a produção, alcançando um índice de Disponibilidade de 64,02%.

Quanto às quebras, elas são recorrentes, pois não há um plano estruturado de manutenção preventiva, sendo necessário a intervenção toda vez que ocorre um defeito ou falha. Já as paradas não programadas ocorrem a qualquer momento, inclusive quando o operador precisa ser deslocado para executar outras atividades diferentes da operação da máquina.

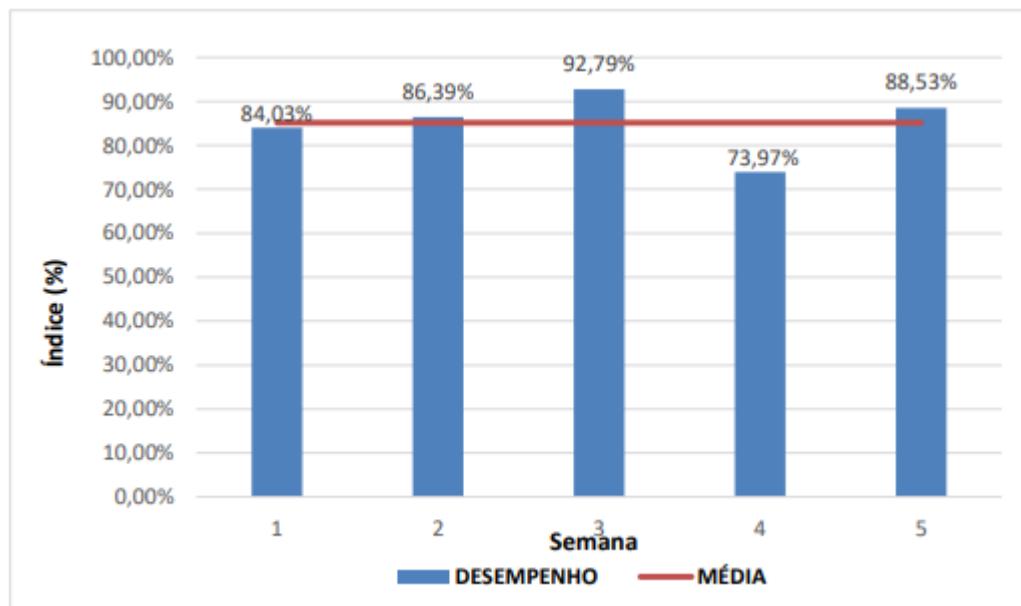
Nesse índice, a Disponibilidade também é afetada pelo tempo de inicialização da máquina, uma vez que os operadores não seguem um procedimento padronizado para verificar as condições iniciais de funcionamento realizando a atividade conforme seu entendimento. O último e um dos principais, é o

tempo que é levado para executar o *setup* de colocação das bobinas nas máquinas. Muitas vezes, o tempo para realização desse *setup* é variável, devido à espera pelo operador da Ponte Rolante para executar a ação e também pela falta de treinamento adequado para otimizar a execução dessa tarefa.

Já para calcular o Indicador de Desempenho, foi utilizado o Tempo de Produção Teórico, reduzido dos tempos referentes às pequenas paradas durante a produção e da redução de velocidade. De acordo os resultados obtidos, foi possível estabelecer o Desempenho Geral que foi de 85,14%, que é a média para o período.

Através da Figura 3, é possível observar que na quarta semana, houve uma queda no rendimento em relação as outras semanas, principalmente devido às pequenas paradas necessárias para fixar as Ordens de Produção nas peças produzidas e para realizar a medição da primeira peça.

Figura 3 – Desempenho por semana



Fonte: Dados da pesquisa

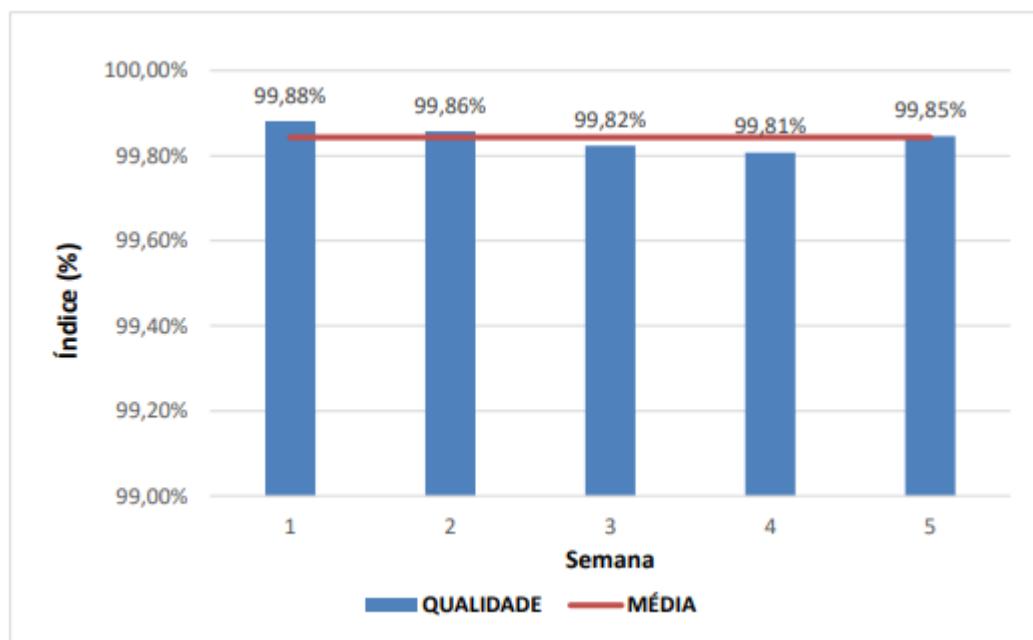
Isso ocorreu pois, na quarta semana houve uma maior quantidade de pedidos diferentes na linha de produção, isto é, quando há diversos pedidos sendo produzidos em um curto período de tempo, há mais O.S. sendo programadas e produzidas em sequência, assim como, essas mesmas ordens sendo fixadas nas peças ao final de sua produção.

A soma dos tempos utilizados nas operações de Programação das Ordens de Produção, fixação das etiquetas e de medição da primeira peça, foi de 819 minutos. Dessa maneira, essas Pequenas Paradas acabam impactando justamente no Tempo Real de Produção, no qual, quando há redução, há consequentemente

um menor índice de Desempenho. Já na primeira semana, apesar de ser próximo a média geral de Desempenho, foram registrados 126 minutos apenas para a fixação das etiquetas, o que resultou num rendimento para essa semana abaixo da média do indicador. Portanto, no indicador de Desempenho os principais fatores que reduzem ele, são o tempo de programação da O.S., a medição da primeira peça e por fim o tempo da fixação da O.S.

Já a qualidade é calculada de acordo com a quantidade Total de Peças Produzidas, menos o Total de Refugos mais o Retrabalho, chamado de Peças Ruins. Como a operação consiste na produção em Quilogramas, a qualidade foi calculada ajustando a esse fator.

Figura 4 – Qualidade por semana



Fonte: Dados da pesquisa

Portanto, conforme os resultados obtidos, a média calculada do índice de qualidade no período foi de 99,84%, evidenciando que há um nível muito baixo de refugos. No entanto, na terceira e quarta semana houve o registro de níveis ligeiramente abaixo da média. A terceira semana foi impactada pelo fato de os pedidos conterem uma quantidade maior em quilogramas de aço. Pedidos maiores necessitam da reposição de bobinas de aço, o que consequentemente leva perdas devido ao empenamento das primeiras peças.

Logo, as primeiras peças precisam ser retrabalhadas, e algumas caso apresentem uma maior quantidade de dobras (nós), serão descartadas como sucata. Já para a quarta semana, a queda na qualidade é explicada pela quantidade de peças complexas a serem produzidas, isto é, peças que contém muitas dobras, o que faz com que normalmente as primeiras peças a serem

produzidas, devido ao empenamento do aço e a velocidade inicialmente desajustada, acabem gerando algumas peças defeituosas. Essas peças defeituosas geralmente são descartadas como sucatas, principalmente em razão do estiramento do aço, que faz com que no lado tracionado do aço, haja perda de resistência inicial. Portanto, como esse material não pode ser endireitado ou reaproveitado, ele deve ser descartado.

Dessa forma, a Eficiência Global (OEE) pode ser determinada a partir dos índices calculados anteriormente, utilizando o produto dos três parâmetros. Assim, com base nos resultados obtidos para cada semana e na classificação definida na literatura, foi possível determinar a média global do OEE no período da pesquisa, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Índices calculados do OEE Global.

Semana	Disponibilidade	Desempenho	Qualidade	OEE (%)	Críterio
1	64,02 %	84,03 %	99,88%	53,73%	Inaceitável
2	81,79 %	86,39 %	99,86%	70,55%	Bom
3	84,13 %	92,79 %	99,82%	77,93%	Muito Bom
4	85,61 %	73,97 %	99,81%	63,20%	Inaceitável
5	84,63 %	88,53 %	99,85%	74,81%	Bom
Média	80,04 %	85,14 %	99,84%	68,04%	Bom

Fonte: Elaboração de autoria própria (2024).

Com base no cálculo, a média do índice do OEE para a linha de produção no período do estudo foi de 68,04%. Dessa forma, o nível de critério do OEE para a média calculada, é classificado como "Bom", no entanto, requer intervenções visando melhorias significativas principalmente em fatores associados aos índices de Disponibilidade e Desempenho, como visto anteriormente.

Avaliação

Conforme observado, a primeira e a quarta semana, apresentaram impacto substancial para a análise do OEE. Na primeira semana, foi verificado que o desperdício de tempo relacionado a paradas não programadas alcançou a marca de 439 minutos, e também aproximadamente 211 minutos destinados à correção das quebras da máquina. Portanto, esses dois valores registrados, reduziram substancialmente a Disponibilidade do equipamento na 1^a semana.

Já na quarta semana, foi possível observar uma perda na Disponibilidade da máquina, devido a cerca de 218 minutos de paradas não programadas, para realizar pequenos ajustes no equipamento. Também houve impacto decorrente da necessidade do Operador de Máquina se ausentar de sua função para executar outras atividades, como operar a Ponte Rolante, realizar o carregamento de cargas em caminhões e operar a máquina de produção de telhas, o que fez com que o tempo destinado à operação da máquina fosse drasticamente reduzido.

Outro fator impactante na quarta semana foi o tempo necessário para fixar as etiquetas de Ordens de Serviço (O.S.) nas peças dos pedidos. Isso ocorreu porque os operadores precisaram fazer pequenas paradas executar a fixação das ordens de produção. Além disso, o operador da máquina teve que lidar com um número elevado de pedidos diferentes na quarta semana, cada um contendo diversas O.S.. Como resultado, essas pequenas paradas acumularam um tempo total de aproximadamente 363 minutos destinados a essa atividade.

No geral, as Paradas Programadas ao longo das cinco semanas contabilizaram 675 minutos o total. Essas paradas ocorreram normalmente para realização das pausas devido a jornada de trabalho diárias dos operários, permitindo a eles, por turno, uma pausa de 15 minutos para tomarem café e se alimentarem. Além disso, no tempo reservado às Paradas Programadas nas tardes de sexta-feira, foram realizadas reuniões entre operadores, auxiliares e equipe administrativa para discutir as principais intercorrências ocorridas durante a semana, com o objetivo de evitar que elas voltem a ocorrer.

Levando em consideração as três contabilizações que mais impactaram o índice de Disponibilidade do OEE, foram as atividades de Paradas Não Programadas, somando 1.150 minutos totais, as Quebras, com 626 minutos e o tempo de *setup* das Bobinas, com 508 minutos. Essas atividades limitaram o indicador de Disponibilidade a cerca de 80,04%, conforme a Tabela 4. Já os maiores impactos no indicador de Desempenho, foram o Tempo de Fixação de Etiquetas nas peças, com 854 minutos totais, seguido do Tempo de Programação das O.S., com cerca de 588 minutos e do tempo necessário para a medição da primeira peça, resultando em um índice médio de 85,14% para esse indicador.

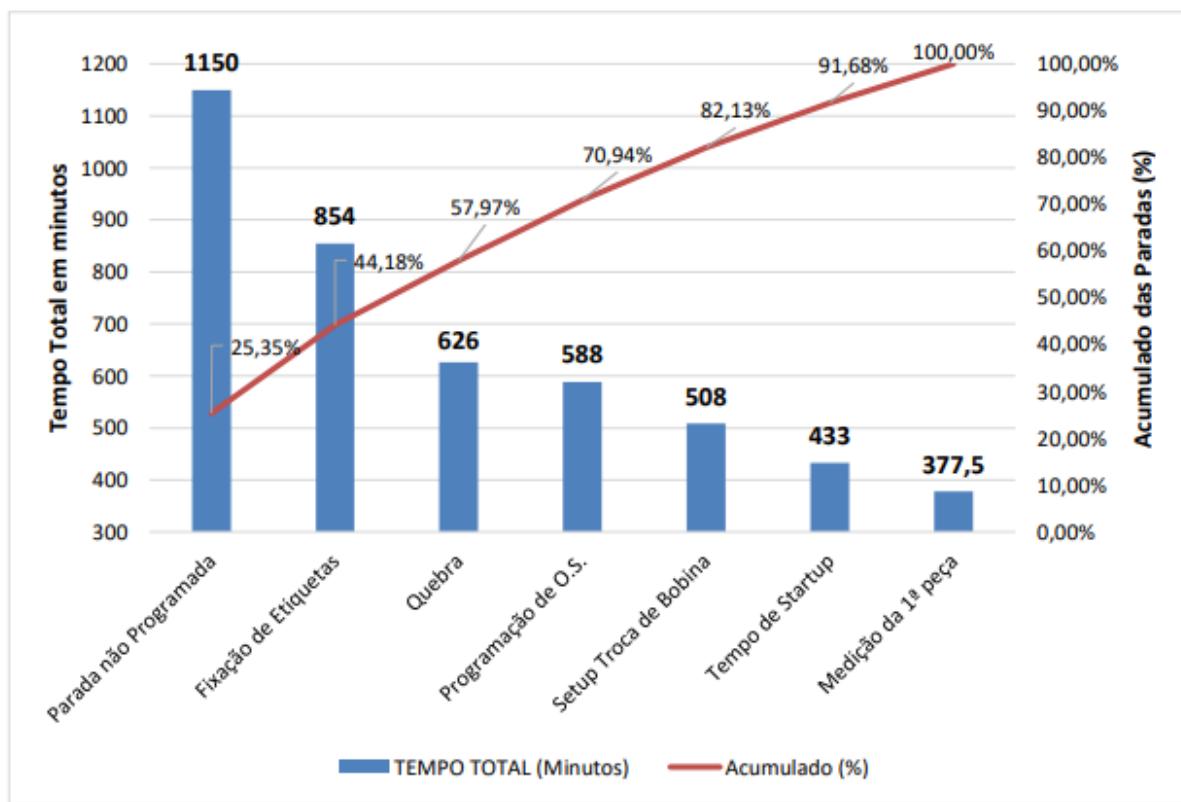
Quanto ao índice de Qualidade, a quantidade total produzida no período foi de 118.815 Kg, enquanto o total de peças consideradas ruins, somou 185 Kg. Assim, o indicador de qualidade atingiu 99,84%, evidenciando que ocorreram perdas mínimas nesse aspecto. A partir dos valores obtidos na média do OEE, torna-se possível identificar e sugerir correções que contribuam para mitigar o tempo perdido na produção das peças de aço.

A redução dessas perdas não apenas elevará os índices de Disponibilidade e de Desempenho, como também favorecerá uma melhoria geral do OEE da linha de produção aproximando o processo de níveis de excelência.

Portanto, é fundamental analisar detalhadamente as causas das principais perdas identificadas, de modo a propor ações corretivas que minimizem o tempo improductivo ao longo da fabricação.

Conforme os percentuais obtidos anteriormente, a empresa teve as maiores perdas relacionadas aos índices dos fatores de Disponibilidade e Desempenho. Dessa forma, para facilitar a identificação de onde ocorreram as maiores perdas foi gerada, de acordo com as regras do Diagrama de Pareto, a Figura 4.

Figura 5 – Diagrama de Pareto



Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com a análise da Figura 4, elaborada por meio do Diagrama de Pareto e com base no princípio de que 80% das ocorrências decorrem de 20% das causas, verificou-se que os tempos de Paradas Não Programadas, Fixação das Etiquetas (O.S.), Quebras e as Programações de O.S. representam a maior parcela dos problemas que afetam os índices de Disponibilidade e Desempenho. Inicialmente é fundamental identificar os fatores associados às Paradas Não Programadas, uma vez que estas foram as principais causadores da redução do indicador de Disponibilidade.

A partir da análise das variáveis que compõem as Paradas Não Programadas, observou-se que a causa de maior impacto está relacionada às

saídas do operador da máquina para executar outras atividades, como a operação da ponte rolante, o que resultou em um total de 552 minutos destinados a essa função.

Esse processo ocorria principalmente no turno da manhã, mais precisamente entre 7h e 10h, devido à implementação de uma escala de trabalho que determinou que uma parte da equipe iniciaria às 7h e o restante às 10h. Essa organização resultou na ausência de um Operador de Ponte Rolante nesse intervalo, o que fez com que essa função tivesse de ser assumida pelos Operadores de Máquinas, que possuem treinamento para tal atividade. Em razão disso, ocorreram diversas saídas dos operadores para operar a ponte rolante.

Quanto ao carregamento, cerca de 253 minutos foram destinados a essa operação, que envolvia o deslocamento do Operador de Máquinas para auxiliar no carregamento dos caminhões da empresa. Em determinados momentos, durante o turno do galpão, os Operadores de Máquinas precisavam interromper a operação das máquinas para auxiliar no carregamento das peças de aço, devido ao número limitado de Auxiliares de Operação. As demais atividades estavam relacionadas à saída do operador da linha estudada para operar a máquina de fabricação de telhas, quando havia maior demanda de transferência entre os centros de distribuição, bem como a outras funções que o Operador de Máquina desempenhava na empresa.

Quanto a fixação das etiquetas (O.S.), é trata-se de uma operação responsável pela colocação das Ordens de Serviço nas peças. Durante o período analisado, essa operação consumiu 854 minutos. Ela está diretamente ligada ao indicador de Desempenho, pois envolve Pequenas Paradas e redução da velocidade de operação da máquina, que ocorrem durante o processo e comprometem o desempenho produtivo.

Para fins de informação, a Fixação das O.S. apresentou impacto significativo na quarta semana, com 363 minutos de perdas, o que afetou diretamente o índice de Desempenho. Portanto, a redução dessas pequenas paradas pode ser alcançada por meio de treinamentos adequados aos operadores e auxiliares de produção, orientando-os a atuar com segurança e maior eficiência no manuseio.

Quanto às Quebras, as perdas estão relacionadas ao tipo de manutenção do equipamento. Atualmente não existe plano de manutenção preventiva ou preditiva, sendo realizadas apenas manutenções corretivas na máquina estudada. Outro fator relevante é que o equipamento já foi modificado anteriormente, incluindo alterações no sistema das rodas de arraste do aço, nos tipos de rolamentos utilizados e até reutilização de rodas, o que demanda reparos e ajustes para manter o funcionamento adequado do sistema. Essas intervenções, normalmente são realizadas pelo próprio Operador da Máquina.

Plano de ação

O plano de ação é essencial para o planejamento e execução de atividades que visam melhorar a disponibilidade e o desempenho da linha de produção de aço cortado e dobrado. Para esta pesquisa, o plano foi elaborado conforme a metodologia 5W1H, composta por seis perguntas básicas, segundo a tradução: O quê? Porquê? Quem? Quando? Como? E Onde? Assim, o quadro do plano de ação proposto, pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 6 – Plano de Ação 5W1H para melhorias na linha de produção

Melhoria	5W1H					
	What?	Why?	Who?	When?	How?	Where?
O quê?	Porquê?	Quem?	Quando?	Como?	Onde?	
1	Realocação de Operadores de Máquinas e Contratação de Operadores de Ponte Rolante.	Reducir a necessidade de Operadores de Máquinas realizarem outras funções.	Pelo Gerente de Produção, e setor de RH.	Em até 2 meses.	Por meio da realocação de turnos, contratação de novos Operadores de Ponte Rolante.	Nas linhas de produção.
2	Treinamento para Fixação de Etiquetas (O.S.).	Para reduzir o tempo de pequenas paradas.	Pelo Gerente de Produção, Encarregado e Operadores de Máquinas.	Em até 30 dias.	Treinamentos específicos, com o SMED para a otimização do processo.	Treinamento prático nas linhas de produção.
3	Implementação da Manutenção Preventiva	Para reduzir quebras e tempo de inatividade.	Pelo Gerente de Produção, Encarregado e Operadores de Máquinas.	Em até 3 meses.	Desenvolvimento e implementação do plano de manutenção e do planejamento para substituição de componentes.	Nas linhas de produção.
4	Implementação da Metodologia SMED para realizar o Setup das bobinas	Implementar o treinamento de SMED para padronizar e agilizar a troca de bobinas, definindo as atividades de Setup interno e Setup externo.	Pelo Gerente de Produção, Encarregado e Operadores de Máquinas.	Em até 2 meses.	Treinamento e aplicação de técnicas de setup rápido.	Treinamento prático nas linhas de produção.
5	Padronização da Inicialização da Máquina	Para minimizar tempo de inicialização e garantir consistência através de um Checklist inicial.	Pelo Gerente de Produção, Encarregado e Operadores de Máquinas.	Em até 30 dias.	Criação de um Checklist inicial para desenvolvimento de procedimentos padronizados, e o treinamento dos operadores.	Treinamento prático nas linhas de produção.
6	Treinamento sobre a implementação do OEE e dos tipos de perdas no processo produtivo.	Para identificar e reduzir de maneira eficaz as fontes de perdas, aumentando a eficiência global dos equipamentos.	Pela Gerência de Produção, Especialista em Processos, com o apoio dos Operadores e Auxiliares.	Início imediato, com treinamentos trimestrais sobre o tema.	Desenvolvimento de procedimentos padronizados, treinamento dos operadores.	Na sala de treinamentos, com aplicação prática nas linhas de produção.
7	Avaliação da viabilidade e benefícios da implementação do Power BI	Para realizar a análise de dados com maior rapidez, e facilitar a tomada de decisões baseada em dados.	Gestores da empresa, Gerência de Produção, Analistas de Dados e Equipe Administrativa.	Fase piloto em até 3 meses e implementação definitiva em um prazo de 6 meses.	Análise e requisitos de dados, seleção de ferramentas adequadas, desenvolvimento de dashboards personalizados e treinamento dos usuários.	Na sala da gerência de produção.

Fonte: Elaboração de autoria própria (2024)

Com base no que foi apresentado, as ações propostas foram desenvolvidas por meio do escopo do 5W1H. Dentre elas, destacam-se as melhorias mais relevantes voltadas ao aumento do índice de Desempenho do equipamento, como a realocação adequada dos operadores de máquinas aos seus postos de trabalho e o treinamento para fixação das Ordens de Produção (etiquetas).

Quanto ao índice de Disponibilidade, sugerem-se as ações voltadas à implementação do planejamento de manutenção preventiva, à redução do tempo

de inicialização da máquina por meio de um check-list inicial, e à aplicação da metodologia SMED para reduzir o tempo de *setup* na troca das bobinas de aço. Portanto as ações sugeridas na Figura constituem ferramentas essenciais para orientar a gestão da empresa na busca pela melhoria da eficiência dos processos e servem como diretrizes estratégicas, com base nas necessidades identificadas neste estudo.

Considerações finais

Os resultados obtidos evidenciaram que a implementação do OEE pode levar a ganhos expressivos na produtividade operacional e auxiliar na redução de desperdícios. No caso da empresa em estudo, foi observado que a máquina analisada obteve desempenho correspondente ao nível de OEE = 68,04%, o que representa um resultado “Bom” mas que ainda apresenta elevado potencial para alcançar índices superiores. Dessa maneira, o acompanhamento do OEE deve ser constante, pois por meio desse indicador é possível realizar a tomada de decisões com base em dados atualizados. Além disso, devido à complexidade do cálculo, recomenda-se que sua obtenção seja automatizada, a fim de assegurar a confiabilidade dos resultados.

Os cálculos que foram realizados, aliados ao mapeamento do processo produtivo, permitiram compor uma análise detalhada das perdas, identificando os pontos de melhoria e propondo medidas por meio da ferramenta 5W1H, conforme as necessidades da empresa. Para isso, a execução completa do plano de ação será fundamental, pois ele visa aumentar a eficiência operacional, principalmente nos quesitos de Desempenho e Disponibilidade do equipamento.

No entanto, a introdução do OEE também revelou algumas limitações. Entre elas, destaca-se a duração da pesquisa, que foi realizada em um período de cinco semanas, e também a quantidade de máquinas estudadas, limitada a apenas um equipamento. Também é possível citar os fatores relativos à escassez de literatura específica voltada ao setor de Corte e Dobra de Aço. Devido a isso, foi necessário realizar comparações com outros trabalhos, de outros setores mais generalistas da indústria, a fim de confrontar e embasar melhor os resultados obtidos neste estudo de caso.

Para trabalhos futuros, sugere-se a ampliação do estudo para outras linhas de produção da empresa, de modo a validar a eficácia do OEE em diferentes contextos operacionais e em diferentes equipamentos. Também será necessário realizar periodicamente novos cálculos do OEE na mesma máquina, para avaliar se as sugestões apresentadas no plano de ação, promoveram as melhorias na eficiência operacional. Portanto, recomenda-se realizar,

inicialmente a cada três meses um novo estudo para avaliar o OEE global, com o intuito de monitorar continuamente o desempenho do equipamento e orientar melhorias contínuas.

REFERÊNCIAS

ALVES, T. G., PASSOS, F. C. **Evolução no processo de preparação do aço para uso em estruturas de concreto armado.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

AMAN, Z., EZZINE, L., FATTAH, J., LACHHAB, A., EL MOUSSAMI, H. Improving efficiency of a production line by Using Overall Equipment Effectiveness: A case study. **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.** Faculty of Sciences - Moulay Ismail University, p. 1048-1057, Rabat, Morocco, 2017.

ARAÚJO, L. C. **O papel do corte e dobra de vergalhão para a construção sustentável.** 2023. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

BARROS, Mercia Maria S. Bottura de; MELHADO, Silvio Burrattino. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios.** São Paulo: Epusp/senai, 2006. 42 p.

BUSSO, C. M.; MIYAKE, D. I. Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fá- brica. **Gestão & Produção**, v. 23, n. 2, p. 205-225, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132012005000068>

CARLOTT, M. **Comparativo entre o método de corte e dobra de aço industrializado e em obras de um edifício.** 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, 2012.

CHAIM, J. R. L. **Ferramenta para Comparação entre Processos Produtivos Tradicional e Industrializado de Preparação de Armaduras para Estruturas de Concreto.** 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

DIETER, G. E. **Metalurgia mecânica.** 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981. 653 p.

FERNANDES, C. H. A. ; SILVA, A. C. G. C. ; FERRAZ, A. V. ; SANTOS, P. V. S. Aplicação da metodologia DMAIC para redução dos desperdícios em uma indústria de gesso do interior de Pernambuco, Brasil. **NAVUS Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 11, p. 01-19, 2021. <https://doi.org/10.22279/navus.2021.v11.p01-19.1622>

FLEISCHER, J.; WEISMANN, U.; NIGGESCHMIDT, S. **Calculation and optimisation model for costs and effects of availability relevant service elements.** In: CIRP INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CYCLE ENGINEERING, 13, 2006, Leuven. Proceedings... Leuven, 2006. p. 675-680.

GONDIM, M. M. C. **Análise de custo da utilização do aço cortado e dobrado em construções situadas na cidade de João Pessoa - Estudo de caso.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal da

Paraíba, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, João Pessoa, 2020.

HANSEN, R. C. **Eficiência Global dos Equipamentos:** Uma poderosa ferramenta de produção / manutenção para o aumento dos lucros. Porto Alegre: Editora Bookman, 2006.

IAB - Instituto Aço Brasil. **Panorama da Indústria do Aço no Brasil.** Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br>. Acesso em: 11 abr. 2024.

KUMAR, P.; VARAMBALLY, K. V. M.; RODRIGUES, L. L. R. A Methodology for Implementing Total Productive Maintenance in Manufacturing Industries - A Case Study. **International Journal of Engineering Research and Development**, v. 5, n. 2, p. 32- 39 32. 2012.

LIMA, E. C. O. OEE: utilizando os conceitos para medir a eficácia de uma equipe de manutenção. **X Congresso Nacional de Excelência em Gestão.** 2014.

LJUNGBERG, O. Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 18, n. 5, p. 495-507, 1998.
<http://dx.doi.org/10.1108/01443579810206334>

MACIEL, A. R. **Automação do processo de corte e dobra de armaduras para estruturas de concreto integrada ao processo BIM.** Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

MACHADO, Wendell Ramon Barbosa; SANTOS, Pedro Vieira Souza. Mensuração da capacidade do processo de beneficiamento de uva de mesa em um packing house: estudo de caso em uma empresa no Vale do São Francisco. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 10, p. 01-15, 2020.
<https://doi.org/10.22279/navus.2020.v10.p01-15.1162>

MARDER, T. S.; FORMOSO, C. T. Oportunidades de melhorias na cadeia de suprimentos do aço cortado e dobrado para a construção civil. **Anais**, I Conferência Latino- Americana de Construção Sustentável, São Paulo. ANTAC, 2004.

MARQUES, C. H. C. R. **Utilização do aço cortado e dobrado na construção civil.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2013.

MORAES, P. H. A. **Manutenção Produtiva Total:** estudo de caso em uma empresa automobilística. Taubaté: UNITAU, 2004.

MORAIS, W. A.; BORGES, H. C. Condições técnico-econômicas para viabilizar o emprego de aços planos de elevada resistência mecânica em aplicações práticas. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 6, n. 1, p. 1-6, jul.-set. 2009.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM:** Total Productive Maintenance. Productivity Press, 1988.

OLIVEIRA, M. R.; HEMOSILLA, J. L. G.; SILVA, E. C. C. da. Implantação do Índice de Eficiência Global dos Equipamentos em uma célula de manufatura em uma empresa de grande porte do setor automotivo - segmento de embreagens. **SIMPOI**, 2012.

PEREIRA, F. A. C. R. **Estudo de posto de trabalho para aumento de produtividade em sistema de corte e dobrado de aço.** Monografia, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2011.

QUADROS, G. N. de. Análise dos fatores influenciadores na não conformidade dimensional do processo de dobramento. 2020. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade de Caxias do Sul, Bento Gonçalves, 2020.

SANTOS, P. V. S. Aplicação do indicador overall equipment effectiveness (OEE): um estudo de caso numa retífica e oficina mecânica. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 4, n. 3, p. 1-18, 2018.

SANTOS, P. V. S. Aplicação do overall equipment effectiveness no sistema produtivo de uma vinícola. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 10, p. 01-14, 2020. <https://doi.org/10.22279/navus.2020.v10.p01-14.933>

SANTOS, D. G. dos. **Análise da industrialização de processos na construção civil com ênfase na viabilidade do método da protensão de cabos de aço.** Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Produção e Gestão do Ambiente Construído) - Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2019.

SANTOS, P. V. S.; SOUZA, J. A. F. ; SILVA, E. C. ; FERNANDES, C. H. A. . Integração do índice OEE e o método Heijunka: uma análise sobre uma possível relação. **Journal Of Lean Systems**, v. 5, p. 1-25, 2020.

SANTOS, P. V. S.; SANTOS, L. di P. G. Avaliação da eficiência geral de equipamento como suporte para gestão da qualidade. **FORSCIENCE**, v. 9, p. e00914, 2021. <https://doi.org/10.29069/forscience.2021v9n1.e914>

SCHNELL BRASIL. CORTE E DOBRA: máquinas e plantas para o processamento do ferro para o cimento armado. Disponível em:
<https://www.schnellbrasil.com.br/pt/Productos/maquinas-e-plantas-para-o-processamento-do-ferro-para-o-cimento-armado/>. Acesso em: 26 de abr. de 2024.

SHIROSE, K. TPM for workshop leaders. Oregon, **Productivity Press**, 1992.

SILVA, S. S.; SILVA, A. C. G. C.; SANTOS, P. V. S. A METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DO ÍNDICE DE PERDAS DE PRODUTOS: O CASO DO PROCESSO LOGÍSTICO DE BEBIDAS. **Gestão E Desenvolvimento**, v. 21, p. 119-145, 2024.
<https://doi.org/10.25112/rgd.v21i1.3355>

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção:** teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2009.

WORLDSTEEL. World Steel Association. Disponível em:
<http://www.worldsteel.org>. Acesso em: 11 abril 2024.